

Matti Mätkiä

OL3 – AUTOMAATION JÄRJESTELMÄHÄLYTYSTEN  
KARTOITUS

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2012

## OL3 AUTOMAATION JÄRJESTELMÄHÄLYTYKSIEN KARTOITUS

Mätkiä, Matti  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Helmikuu 2012  
Ohjaaja: Asmala, Hannu  
Sivumäärä: 57  
Liitteitä: 1

Asiasanat: automaatiojärjestelmät, hälytykset, ydinvoimalat

---

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksen automaatiojärjestelmien hälytyksiä. Työn ulkopuolelle oli rajattu kaikki erillisjärjestelmien hälytykset ja ne hälytykset, jotka liittyvät suoranaisesti prosessiin.

Järjestelmähälytyksien kartoittamisen tarkoituksena oli antaa automaatiotoimistolle selvä käsitys siitä, millaisia järjestelmähälytyksiä valmiissa ja käyvässä voimalaitoksessa voi tulla, mistä ne johtuvat ja miten niihin kuuluisi reagoida.

Tutkimuksessa käytettiin konstruktiiivista tutkimusta, jonka tavoitteena oli saada selville automaation järjestelmähälytyksien määrä, laatu ja vakavuusaste. Apuna käytettiin Teollisuuden Voima Oyj:n omaa kirjastoa ja sisäistä sähköisten teknisten dokumenttien tietokantaa. Lisäksi tutkimuksen edetessä kehitettiin taulukko- ja tietokantapohjaisia apuvälineitä, joilla saatettiin analysoida, suodattaa ja lajitella suuria määriä hälytyksiä ja niistä saatavia tietoja.

Tutkimuksesta selviää kaikkien pääautomaatiojärjestelmien hälytyksien laatu ja tyyppi. Valmiin voimalaitoksen järjestelmähälytyksien määrä voidaan näiden tutkimustuloksien avulla määritellä tarkasti, kun tiedetään järjestelmien sähkökaappien määrä. Lisäksi tutkimuksesta selviää mahdolliset syyt ja potentiaaliset seuraukset yleisille järjestelmähälytyksille.

## OL3 – STUDY OF INFORMATION & CONTROL-RELATED ALARMS IN AUTOMATION SYSTEMS

Mälkiä, Matti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in automation technology.

February 2012

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 57

Appendices: 1

Keywords: automation systems, alarms, nuclear power plants

---

The purpose of this thesis was to gather and survey alarms from the main I&C systems of the OL3-power plant. All the alarms that originated from the process or from the black-box -systems were left out from this thesis.

Gathering all system-related alarms is important in order to know what kind of different alarms can occur in a power plant, what their cause is and how one should react to them. This thesis was made for the automation-office of the OL3 – branch.

The method used for the study was constructive study, which goal was to clarify the number of I&C – system related alarms, their kind and their level of severity. Instrumental to this research was both the library and the electronic document managing environment of Teollisuuden Voima Oyj. Additionally, as the study progressed, database- and matrix-based tools were made to help analyze, filter and sort large numbers of alarm – related data and their information.

From this thesis the quality and type of system related I&C-alarms is made clear. Using this study, it is possible to map accurately the number and type of the alarms present in the completed power plant I&C-systems. In addition to that, potential causes and recommended reactions to general system-related alarms are clarified.

## ALKUSANAT

Teollisuuden Voiman rakenteilla olevassa OL3 – ydinvoimalaitoksessa tarjoutui mahdollisuus opinnäytetyöpaikkaan syystalvesta 2011. Aineistona toimi OL3 Kronodoc – sähköinen dokumentinhallintajärjestelmä, joka osoittautui erittäin helppokäyttöiseksi ja tarpeelliseksi työkaluksi tämän opinnäytetyön tekoon.

Haluan kiittää Teollisuuden Voimaa ja varsinkin OL3-organisaation automaatio- ja kunnossapitotoimistoa. Erityiskiitos kuuluu työni valvojalle ryhmäpäällikkö Jari Niemelle ja paljon asiantuntija-apua antaneelle automaatioinsinööri Sanna Haapalalle. Kiitokset myös Timo Poukalle, jonka ansiosta pääsin kartoittamaan OL3-simulaattoriin tulevia hälytyksiä. Iso kiitos kuuluu myös OL3-organisaation käyttöhaaralle, varsinkin Antti Saariselle ja Jarno Lallille, jotka antoivat merkittävästi informaatiota työhön liittyen.

Satakunnan Ammattikorkeakoulun lehtori Hannu Asmala on toiminut työni ohjaajana ja esilukenuk työtäni. Lopuksi haluan kiittää kaikkia läheisiäni, jotka ovat olleet henkisenä tukena tutkimus- ja kirjoitusprosessin aikana. Erityisesti haluan kiittää vaimoani, vanhempiani ja Satakunnan Ammattikorkeakoulun Porin Tekniikan ja merenkulun yksikön luokkaani – AU08PO:ta, jossa on koko neljän vuoden opintien ajan ollut merkittävän hyvä yhteishenki.

Ulvilassa 6.3.2012

Matti Mälkiä

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Etäsammutuspaikka	Paikka josta ydinvoimalaitos voidaan alas ajaa sellaisessa tilanteessa, jossa päävalvomo on esimerkiksi tulipalon tai muun vastaavan johdosta menetetty.
HMI	Human-Machine-Interface. Käyttöliittymä ja rajapinta ihmiskäyttäjän ja tietokoneen/automaatiojärjestelmän välillä.
Höyryn kuivatus	Vesihöyryssä on oletuksena aina neste-olomuodossa olevaa vettä mukana. Kuivatuksessa yritetään poistaa nestemäisessä olomuodossa olevat molekyylit ja jättää jäljelle vain kaasumaisessa olomuodossa olevat.
KKS	Voimalaitoksen tunnistejärjestelmä, jonka tarkoituksena on kategorisoida ja määritellä kaikki voimalaitoksen osat.
Langoitettu	Kommunikaatio ja viestiyhteydet on toteutettu konventionaalisilla johdotuksilla. Jokaista yhteyttä ja signaalia varten on oma "lanka" – eli johdin. Langoitetulla järjestelmällä tarkoitetaan rele- ja binääriporttitekniikalla toteutettua automaatiota.
OL1	Olkiluodon ensimmäinen, vuonna 1981 valmistunut ydinvoimalaitos.
OL2	Olkiluodon toinen, vuonna 1984 valmistunut ydinvoimalaitos.
OL3	Olkiluodon kolmas rakenteilla oleva ydinvoimalaitos.
Pikasulku	Reaktorin, turbiinin tai höyrynsäilytyksen nopea lakkauttaminen johtuen poikkeamasta, joka vaatii reaktion, turbiinin tai höyrynsäilytyksen sulkemista turvallisuuden ylläpitämiseksi.

Puolustuslinja	Voimalaitoksen tiettyä turvallisuusteknistä lähtökohtaa tai osaa varmistava tai tukeva linja, joka pitää sisällään yhden tai useamman järjestelmän osan.
TXP	Teleperm XP-Prosessiautomaatioon tarkoitettu automaation järjestelmä -alusta, jota käytetään pääosin ydinvoimalaitoksissa
TXS	Teleperm XS-Turvallisuusautomaatioon tarkoitettu automaation järjestelmä -alusta, jota käytetään pääosin ydinvoimalaitoksissa
YVL	Ydinvoimalaitos (-ohjeet). Säteilyturvakeskuksen ohjeissa ja säännöissä käyttämä lyhennelmä.

## SISÄLLYS

1	YLEISTÄ .....	9
1.1	Työn tavoite .....	9
1.2	Työn aikataulu ja menetelmät .....	10
1.3	Työn kattavuus .....	11
2	YDINVOIMALOISTA JA NIIDEN TEKNIIKASTA .....	11
2.1	Kiehutusvesireaktori .....	12
2.2	Painevesireaktori .....	13
2.3	KKS-luokitus .....	14
2.4	Ydinturvallisuus .....	16
2.4.1	YVL-ohjeet .....	16
2.4.2	Laitteiden ydinturvallisuusluokitus .....	17
3	OLKILUOTO 3 .....	18
3.1	European Pressurized Water Reactor: EPR .....	19
3.2	Teollisuuden Voima Oyj (Laitostilaaja) .....	19
3.3	Areva-Siemens konsortio (Laitostoimittaja) .....	20
4	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT OL3-VOIMALAITOKSESSA .....	20
4.1	Käyttöliittymät – automaatiotaso 2 .....	21
4.1.1	Process Information and Control System: PICS .....	22
4.1.2	Safety Information and Control System: SICS .....	23
4.2	Pääjärjestelmät – automaatiotaso 1 .....	23
4.2.1	Process Automation System: PAS .....	24
4.2.2	Safety Automation System: SAS .....	24
4.2.3	Hardwired Backup System: HBS .....	25
4.2.4	Reactor Control Surveillance and Limitation System: RCSL .....	26
4.2.5	Protection System: PS .....	26
4.2.6	Turbine and Generator Information & Control: TGI .....	27
4.2.7	Severe Accident Information & Control .....	28
4.2.8	Emergency Diesel Generator Information & Control: EDGSIC .....	28
4.3	Apu-, mittaus- ja toimilaittejärjestelmät – automaatiotaso 0 .....	29
4.3.1	Priority and Actuator Control System: PACS .....	29
4.3.2	Sensor Conditioning for PS and SA&IC: SCPSSA .....	30
4.3.3	Rod Position Measurement System: RPMS .....	30
4.4	Erillisjärjestelmät .....	31
5	OL3 – AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ KÄYTETTÄVÄT TEKNIIKAT .....	31
5.1	Teleperm XP .....	32
5.2	Teleperm XS .....	33

6 AUTOMAATION HÄLYTYKSET.....	34
6.1 Automaation hälytyksistä yleisesti .....	35
6.1.1 Hyvän hälytyksen periaatteet .....	35
6.1.2 Älykäs hälytyksen käsittely.....	36
6.2 Automaation järjestelmähälytykset.....	36
6.2.1 Hardware-diagnostiikka .....	37
6.2.2 I/O-diagnostiikka.....	37
6.2.3 Kaappidiagnostiikka.....	38
6.2.4 Väylädiagnostiikka.....	38
6.3 Olkiluoto 3:n hälytysjärjestelmä.....	39
6.4 Järjestelmähälytykset Olkiluoto 3:ssa.....	41
6.4.1 PICS-hälytyksenanto .....	42
6.4.2 SICS-hälytyksenanto .....	44
6.5 Prosessihälytykset Olkiluoto 3:ssa.....	46
6.6 TXP- hälytykset .....	46
6.6.1 TXP-järjestelmien hälytykset.....	46
6.6.2 TXP- järjestelmän sisäiset hälytykset .....	47
6.7 TXS-hälytykset .....	48
7 PÄÄTELMÄT.....	51
LÄHTEET.....	54
LIITTEET	



## 1 YLEISTÄ

Työn nimi on "Olkiluoto 3 – Automaatiojärjestelmien hälytyksien kartoitus" ja se on tehty TVO Oyj:n OL3-organisaation sähkö- ja automaatio -kunnossapidolle. Työn valvojana on toiminut Hannu Asmala Satakunnan ammattikorkeakoulun puolelta ja Jari Niemi Teollisuuden Voiman puolelta. Asiantuntijana ja tiedonlähteenä on toiminut automaatioinsinööri Sanna Haapala. Työstä on tehty kaksi erillistä versiota, toinen on toimitettu työn tilaajalle TVO:lle ja sisältää työn kokonaisuudessaan. Tämä on työn toinen ja julkinen versio, josta on jätetty ulkopuolelle kaikki työn tilaajaan salaiseksi määrittelemät kappaleet, listat ja kuvat.

### 1.1 Työn tavoite

Työn päätavoitteena on kartoittaa OL3:n automaatiojärjestelmien hälytyksiä. Opin- näytetyön kirjoituksen aikana OL3:n laitosalueella on ainoastaan turbiinigeneraattorin automaatiojärjestelmä ja muut automaatiojärjestelmät ovat Saksassa testikentällä. Tietolähteinä on käytetty laitostoimittajan teknisiä dokumentteja sekä OL3:n automaatiotekniikan toimiston henkilöstön asiantuntemusta.

Hälytyksien kartoittaminen on tärkeää, jotta tiedetään minkälaisia hälytyksiä automaatiojärjestelmistä vikaantumis- ja ongelmatilanteissa syntyy ja lähtee valvomohenkilöstölle hyvissä ajoin. Pääasiallinen tavoite on selvittää yleisellä tasolla, millaisia hälytyksiä tulee eri alustalla tehdyistä automaatiojärjestelmistä ja mitkä näistä hälytyksistä ovat tarkoitettu valvomohenkilöstön tiedoksi ja mitkä hälytyksistä ovat pääasiallisesti automaation kunnossapidolle tarkoitettuja. Työssä on liitteenä automaation järjestelmähälytyksien listaus. Se toimii lähinnä esimerkkinä ja viitteenä, eikä sitä voida pitää täysin ajan tasalla olevana.

OL3:n erillisjärjestelmien hälytyksistä ja käyttäjistä on tehty aikaisemmin opinnäyte-työ, jossa erillisjärjestelmät ja niiden hälytykset on listattu omaan taulukkoonsa, jotta niiden lisäys ja päivitys työn jälkeenkin olisi helppoa /1/. Tässä työssä on lähdetty hakemaan samanlaista ratkaisua listauksen osalta. Lisäksi työhön liittyy tietokoneaineistona Microsoft Access tietokanta hälytyksistä ja niihin liittyvistä KKS-koodeista. Tämän tietokannan tarkoituksena on avata muuten vaikeaselkoisia KKS-koodeja. Tietokanta antaa myös mahdollisuuden päivittää, lisätä ja muuttaa hälytyslistaa ajan-kohtaisemmaksi tämän työn valmistumisen jälkeen.

## 1.2 Työn aikataulu ja menetelmät.

Työ aloitettiin 10. lokakuuta 2011 ja päätettiin 10. helmikuuta 2012. Ensimmäinen viidennes ajasta käytettiin OL3:een ja sen automaatiojärjestelmiin tutustumiseen. Loppuaika selvitettiin automaatiojärjestelmien antamia hälytyksiä tutustumalla niiden järjestelmäkuvauksiin, näyttökuviin ja näyttöpaneelien layout-kaavioihin ja taulukoitiin niitä.

Automaatiojärjestelmiin tutustuminen tapahtui erilaisia TVO:n sisäisiä luentomateriaaleja ja automaatiojärjestelmien kuvauksia tutkimalla, sekä haastattelemalla järjestelmiin perehtyneitä automaatiotoimiston insinöörejä. Samalla kun automaatiojärjestelmiin tutustuttiin, käytiin jo alustavasti läpi käyttöliittymän näyttökuvia ja I/O-listoja, jotta saatiin selvitettyä työn laajuutta ja päästiin arvioimaan järjestelmäperäisten hälytysten kokonaismäärää. Apuna käytettiin lisäksi PDF-pohjaista OL3-käyttöliittymäsimulaattoria, varsinkin pääkäyttöliittymän hälytyksien kartoituksessa.

Järjestelmähälytyksien keräämiseen, kokoamiseen ja selventämiseen kehitettiin muutama makropohjainen Excel-ohjelma. Lisäksi käytettiin Microsoft Office Accessia KKS-koodeja ja symboleja selventävän ja selkokieltävän tietokannan tekemiseen. Järjestelmähälytyksiä etsittiin laitostoimittajan toimittamasta signaaliluettelosta ja käyttöliittymäsimulaattorin sivuilta. Signaaliluettelon signaaleja karsittiin OL3-järjestelmäluettelon mukaan niin, että jäljelle jäivät vain automaatiojärjestelmiin liittyvät KKS-signaalilistat. Koska laitostoimittaja ei ole jokaisessa automaatiojärjestelmän signaalissa pystynyt toteuttamaan signaalia KKS-konsepti-dokumentaation

mukaisesti, on signaalit varmistettu OL3Doc-teknisestä dokumentaatiosta niiden järjestelmien osalta, joista tietoa on löytynyt.

### 1.3 Työn kattavuus

Työ kattaa OL3-ydinvoimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmistä lähtöisin olevat hälytykset, sekä lisäksi TXS-alustalla toimivat apu-, toimilaitte- ja mittausjärjestelmistä lähtöisin olevat hälytykset. Työn ulkopuolelle jätetään kaikki prosessiperäiset hälytykset, sekä erillisjärjestelmistä lähtöisin olevat hälytykset. Koska suurin osa OL3:n automaatiojärjestelmistä on vielä muualla kuin Olkiluodossa tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa, on luultavaa ja todennäköistä että tässä työssä listatut signaalit eivät kata kaikkia yksittäisiä järjestelmähälytyksiä. Listan tarkoituksena onkin demonstroida, minkälaisia järjestelmäperäisiä hälytyksiä on odotettavissa valmiilta järjestelmiltä.

## 2 YDINVOIMALOISTA JA NIIDEN TEKNIIKASTA

Ydinvoimalaitos on terminen voimalaitos, jossa reaktorityypistä riippuen, joko primääripiirin tai sekundaaripiirin vesi höyrystetään ja ohjataan turbiiniin, joka vuorostaan pyörittää generaattoria. Höyrystetty vesi lauhdutetaan sitten takaisin nestemäiseen muotoon ja se palautuu reaktoriin uutta kierrosta varten. Ydinvoimalaitos poikkeaa muista termisistä voimalaitoksista vain siinä, että sen veden höyrystävä lämpöenergia on peräisin ydinreaktioista. Ydinreaktiota pidetään hallittuna ja kontrolloidaan säätösauvoilla, jotka hiljentävät ja neutraloivat reaktiota

Ydinvoimalaitoksen turvallisuustekniset ratkaisut ovat merkittäviä, johtuen ydinvoimasta syntyvän säteilyn vaikutuksista ihmisiin ja ympäristöön. Nämä vaikutukset ilmentyisivät, jos säteily pääsisi rajoittamattomasti vaikuttamaan ympäristöönsä. Kaikki säteilevät rakenteet on suojattu rinnakkaisilla rakennemenetelmillä ja lisäksi kaikki turvallisuuteen vaikuttavat laitteet ovat rinnakkaisia ja toisistaan fyysisesti erotettuja [2]. Lisäksi säteilytasoja seurataan ydinvoimalaitosten sisäpuolella, sekä useamman kymmenen kilometrin säteellä laitosalueen ulkopuolella seurannan vuoksi.

Ydinvoimalaitokset jakautuvat pääosin kahteen tyyppiin: Kiehutusvesireaktoreihin ja painevesireaktoreihin. Nämä molemmat reaktorit ovat kevytvesireaktoreita, joka tarkoittaa, että niissä sekä hidastin- että jäähdytysaineena toimii tavallinen vesi, josta on poistettu epäpuhtaudet ja suola. Nämä poistetaan siksi, että juuri suolat ja epäpuhtaudet reagoidessaan ionisoivaan säteilyyn saattavat muuttua korkea-aktiivisiksi eri aineiden isotoopeiksi.

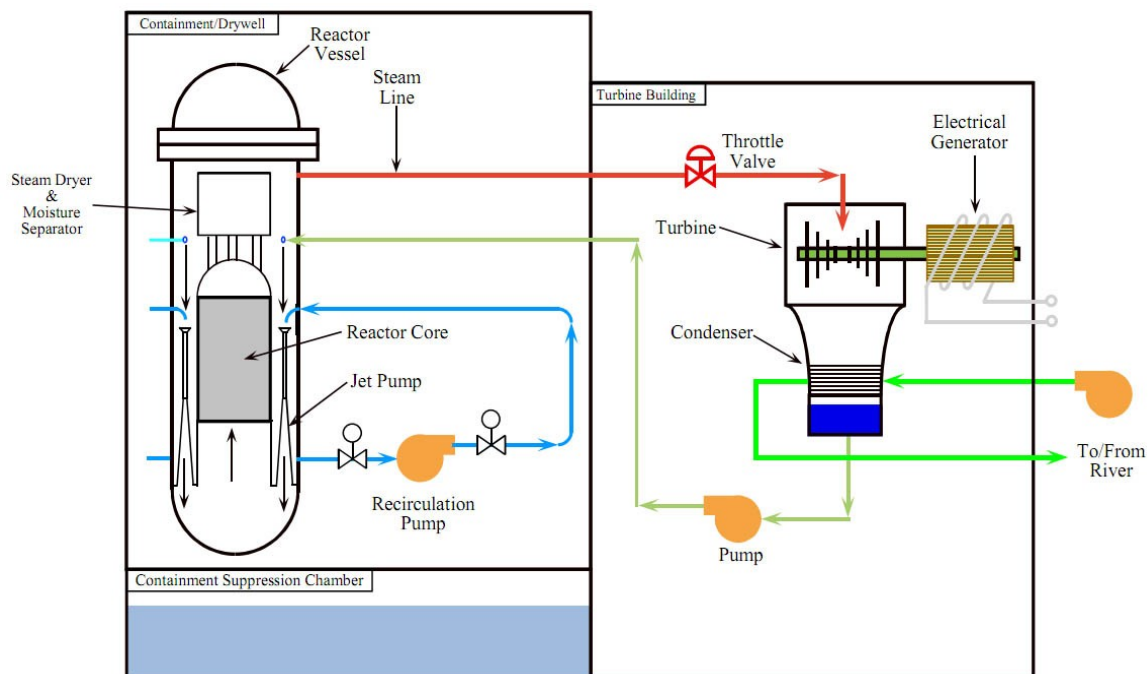
## 2.1 Kiehutusvesireaktori

Kiehutusvesireaktoreita on toiseksi eniten maailman ydinreaktoreista. Ero painevesireaktoriin on se, että näissä reaktoreissa ei ole erillisiä primääri- ja sekundaaripiiriä, vaan pelkkä pääpiiri jossa höyrystyy vettä, joka ohjautuu turbiiniin. Reaktorityypin kehittivät 1950-luvulla Idaho National Laboratory ja General Electric. Reaktorin paineastian sisällä paine on vähäisempi kuin painevesireaktorissa. Kiehutusvesireaktorissa paine on noin 7.6 MPa kun taas painevesireaktorissa paine on noin 16 MPa. /3/

Kiehutusvesireaktorissa täyssuolapoistettu vesi liikkuu reaktorin paineastiassa alhaalta ylöspäin. Vesi höyrystyy polttoainesauvojen puoliintumisreaktioissa syntyvän lämmön vaikutuksesta ja nousee paineastiassa ylöspäin. Höyrystyttyään vesihöyry ohjautuu höyryn kuivatukseen, jonka jälkeen höyry poistuu paineastiasta pähöyrylinjoja pitkin ensin korkeapaineturbiinille ja siitä välitulistuksen kautta matalapaineturbiineille. Välitulistuksen tarkoituksena on kuivattaa höyryä entisestään. Turbiinit pyörittävät generaattoria, joka puolestaan tekee sähköä. Käytön jälkeen höyry jäähdytetään takaisin vedeksi lauhduttimessa ja pumpataan takaisin reaktorin paineastian alaosaan esilämmittimien kautta. Esilämmittimien tehtävänä on saada vesi lämpimäksi jo ennen sen menoa reaktoriin näin höytysuhdetta parantaen. Tätä edellä kuvattua veden ja vesihöyryn kiertokulkua kutsutaan primääripiiriksi. /3/

Reaktorin sisällä käytettävä vesi puhdistetaan suolasta ja epäpuhtauksista, jotta vedestä saadaan pois korroosiota aiheuttavat ainesosat ja sellaiset osat, jotka reaktorissa saattaisivat ionisoivasta säteilystä johtuen hajota aktiivisiksi isotoopeiksi.

Näiden reaktortyyppien lisäksi on olemassa prototyyppi- ja kokeellisia reaktoreita, mutta näitä ei ainakaan toistaiseksi ole käytetty kaupallisesti. Niitä käytetään tieteellisissä tutkimuksissa, joissa tutkitaan niiden hyötysuhdetta ja kaupallista potentiaalia.

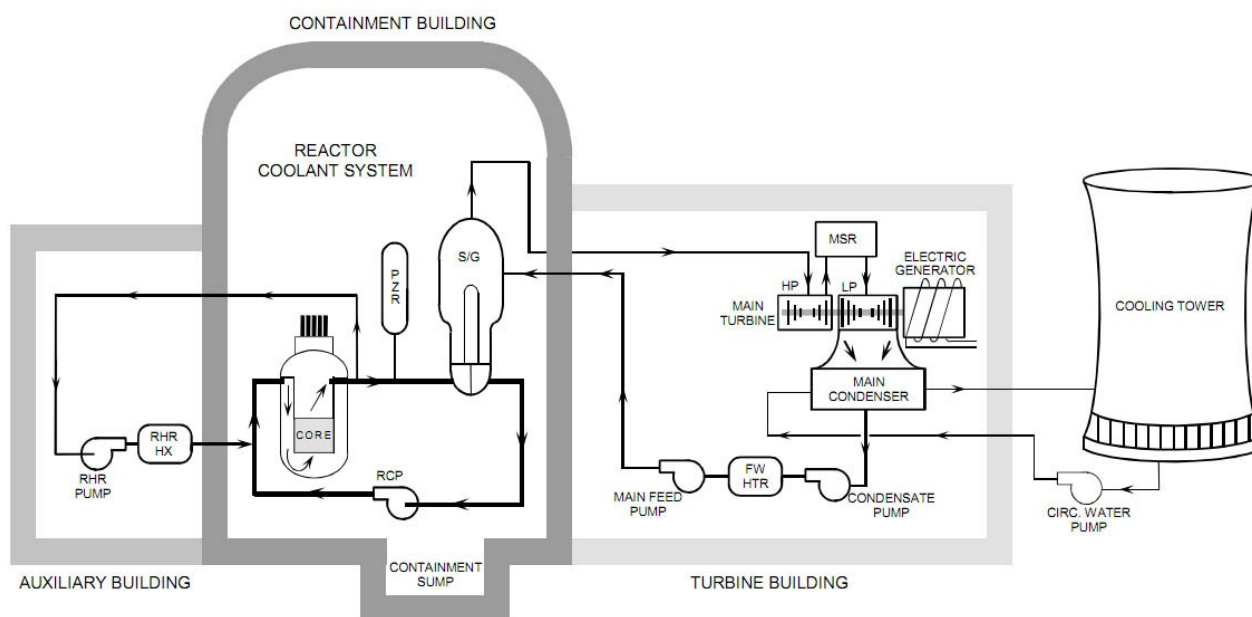


**Kuva 1. Kiehutusvesireaktorin toimintaperiaate /3/**

## 2.2 Painevesireaktori

Painevesireaktori on yleisin reaktortyyppi. Se kehitettiin alun perin toimimaan energianlähteenä ydinkäyttöisiin sukellusveneisiin. Kehittäjänä toimi Westinghouse Bettis Atomic Power Laboratory. Reaktorissa on kiehutusvesireaktorista poiketen kaksi kiertopiiriä: primääripiiri ja sekundaaripiiri. Primääripiiri on pieni suljettu piiri, jossa neste paineistetaan korkeaan paineeseen näin estäen sen kiehumisen ja höyrystymisen. Primääripiirissä kierron tarkoituksena on sekä siirtää lämpöä polttoainesauvoilta höyrystimeen että estää mahdollisten polttoainevuotojen pääsy ulos järjestelmästä. Primääripiiri ja sekundaaripiiri kohtaavat höyrystimissä, joissa primääripiiri luovuttaa lämpöä sekundaaripiirissä kiertävälle puhdistetulle vedelle, joka höyrystyy. Sekundaaripiirissä veden höyrystyminen on mahdollista pienemmän paineen ansiosta.

Sekundaaripiiri toimii tämän jälkeen samankaltaisesti kuin kiehutusvesireaktorin primääripiiri. /4/



**Kuva 2. Painevesireaktorin toimintaperiaate /4/**

Kiehutusvesireaktorin ja painevesireaktorin erot ovat melko pitkälti itse reaktorin paineastiassa ja sen välittömässä läheisyydessä. Itse sähköntuotto molemmissa tapahtuu höyryn pyörittämällä turbiineilla ja generaattorilla. Yhtenä erona painevesireaktoreissa reaktiota kontrolloidaan boorin avulla ja säätösauvoja käytetään vain ylös- ja alasajotilanteissa sekä pikasuluissa, kun taas kiehutusvesireaktoreissa booria käytetään vain hätäboorausjärjestelmässä, joka on varalla säätösauvojen toimimattomuuden varalla. Booria löytyy reaktorin paineastiassa koko polttoainekierron ajan siten, että kierron alussa booria on enemmän ja sen määrää vähennetään ajan mukaan polttoaineen kuluessa.

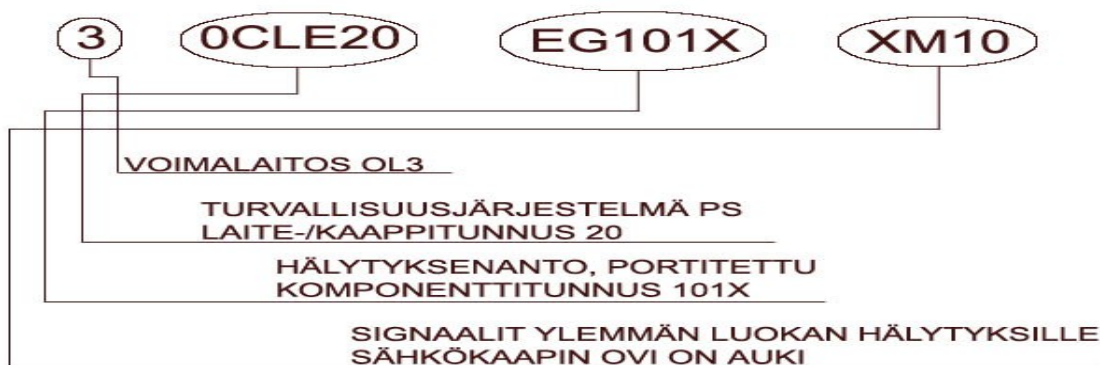
### 2.3 KKS-luokitus

KKS tulee saksan kielen sanoista Kraftwerk Kennzeichen System, joka tarkoittaa suomeksi voimalaitoksen tunnistejärjestelmää. Järjestelmän tarkoitus on asettaa kaikki voimalaitoksen rakenteet, komponentit, järjestelmät, osajärjestelmät, laitteet ja

koneikot saman tunnusjärjestelmän alaisuuteen, jossa vasemmalta oikealle päin lukien laitteen sijainti hierarkiassa selventyy joka kirjaimen ja numeron kohdalla /5/. KKS-järjestelmä toimii siis samankaltaisesti kuin esimerkiksi tietoverkoissa käytössä olevat IP-osoitteet.

Järjestelmän tunnus jakautuu kolmeen osaan, jos kyseessä on laite tai komponentti ja neljään osaan jos kyseessä on laitteesta tai komponentista lähtevä tai siihen saapuva signaali. Ensimmäinen osa kertoo voimalaitoksen numeron. Toinen osa kertoo järjestelmän, sekä järjestelmän tunnuksen ja siihen liittyvän sähkökaapin, koneikon tai muun vastaavan järjestysnumeron. Kolmas osa kertoo komponentin tai laitteen tyy-  
pin, sen käyttötarkoituksen ja järjestysnumeron.

### 3 0CLE20 EG101X XM10:



**Kuva 3. KKS-luokitettun auki kirjoittaminen**

KKS-luokitusta käytetään myös muissa kuin ydinvoimalaitoksissa ja yksi sen tärkeistä tarkoituksista onkin yhtenäistää sähköntuotantovoimaloiden ja muiden vastaavien laitosten komponenttien, rakenteiden, huoneiden ja järjestelmien tunnistetta. Koodauksen tarkoituksena on, että ulkopuolinen tai uusi työntekijä, jolla on jo aiemmin kokemusta KKS-luokituksista, pystyy jollain tasolla määrittämään luokituksen perusteella laitteita, järjestelmiä ynnä muita vastaavia kokonaisuuksia.

## 2.4 Ydinturvallisuus

Ydinvoimalaitosta suunniteltaessa, rakentaessa ja operoidessa tulee noudattaa kaikkia Suomen lain antamia yleisiä – ja ydinvoimalaitoskohtaisia säädöksiä, sekä Säteilyturvakeskuksen antamia ohjeita, jotka perustuvat Valtioneuvoston päätöksiin, Suomen ydinvoimalakiin ja kansainvälisiin ohjeistuksiin. Kansainvälisiä säädöksiä ydinvoimaloiden suhteen antaa IAEA (International Atomic Energy Agency) ja Euroopan Unionia koskevia säädöksiä EAEC (European Atomic Energy Community).

Tähän työhön liittyvät suunnittelu- ja turvallisuusohjeet ovat kaikki Säteilyturvakeskuksen YVL- eli Ydinvoimalaitos-ohjeita. Nämä ohjeet on kategorisoitu numerojärjestelmällä lähtien yleisemmän tason ohjeista ja edeten tarkempiin, esimerkiksi automaatiojärjestelmien suunnitteluun liittyviin ohjeisiin.

### 2.4.1 YVL-ohjeet

Säteilyturvakeskus laatii YVL-ohjeet ja kuulee niitä osapuolia, joita kyseinen ohje koskee. Ohjeiden ajantasaisuus tarkastetaan vähintään viiden vuoden välein. Ennen hyväksyttämistä Säteilyturvakeskuksen pääjohtajalla ohjeet käyvät läpi kommenttikierroksen ydinvoimayhtiöillä, Valtion teknillisellä tutkimuskeskuksella ja ydinturvallisuusneuvottelukunnalla. Lausuntokierroksen ja hyväksyttämisen jälkeen ohjeet julkaistaan. /6/

YVL-ohjeet ovat sääntöjä, joita yksittäisen luvanhaltijan tai muun kyseeseen tulevan organisaation on noudatettava, ellei Säteilyturvakeskukselle ole esitetty muuta hyväksyttävää menettelytapaa tai ratkaisua, jolla YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso saavutetaan /6/. Automaatiojärjestelmiä ja niiden hälytyksiä koskeva säännöstö löytyy pääosin ohjeista "YVL 1.0 – Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa noudatettavat turvallisuusperiaatteet", "YVL 2.0 – Ydinvoimalaitoksen järjestelmien suunnittelu", "YVL 2.7 – Ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintojen varmistaminen vikaantumisen varalta" ja "YVL 5.5 – Ydinvoimalaitosten automaatiojärjestelmät ja -laitteet".



Ohjeet määrittelevät kolme periaatetta, jolla järjestelmät ja laitteet tulee suunnitella ja toteuttaa. Rinnakkaisuusperiaate vaatii, että tiettyä yhtä toimintaa tai tehtävää suorittaa useampi kuin yksi osajärjestelmä tai laite /2/. OL3-ydinvoimalaitos on jaettu neljään divisioonaan, joista löytyy jokaiseen tapaukseen oma osajärjestelmänsä. Nämä neljä divisioonaa on fyysisesti ja sähköisesti eroteltu toisistaan erotteluperiaatteen mukaan /2/. Kolmatta, eli erilaisuusperiaatetta, joka määrittää, että eri osajärjestelmät tulee toteuttaa mahdollisuuksien mukaan eri toimintaperiaatteella toimivilla laitteilla /2/, ei voida toteuttaa automaatiojärjestelmien tasolla niin paljoa kuin erilaisten toimilaitteiden, esimerkiksi pneumatiikalla ja sähköllä toimivien venttiileiden tapauksessa. Lähinnä tämä näkyy järjestelmätasolla signaalien, mukaan lukien hälytyssignaalien välittämistä sekä väyliä pitkin että langoitettuna.

YVL-ohjeissa on myös määritelty neljä eri ydinturvallisuusluokkaa, joissa määritellään jokaisen laitteen ja järjestelmän luokka sen kriittisyyden ja mahdollisen rikkoutumisen aiheuttaman vaaran suuruuden mukaan.

#### 2.4.2 Laitteiden ydinturvallisuusluokitus

Suomen Säteilyturvakeskus ohjeistaa Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti Ydinvoimalaitosohjeessa 2.1 ydinvoimalaitoksessa olevien laitteiden ja järjestelmien turvaluokitusta. Tämä on oma luokkansa perinteisen turvaluokituksen sijaan. Se ryhmittelee järjestelmät turvallisuusluokkiin SC1, SC2, SC3, SC4 ja EYT (ei ydinteknisesti luokiteltu). Turvallisuutensa kannalta kriittisimmät laitteet kuuluvat luokkaan SC1.

Sen lisäksi, että yksittäisillä laitteilla on ydinturvallisuusluokkansa, on myös järjestelmillä ydinturvallisuusluokka. Järjestelmän turvallisuusluokka ei kuitenkaan sanele suoraan kaikkia sen sisältämien laitteiden ja rakenteiden turvallisuusluokkaa, vaan vähemmän tärkeät järjestelmän laitteet tai rakenteet voivat olla järjestelmän turvallisuusluokkaa alemmassa luokassa. Samoin tietyt yksittäiset laitteet voivat olla myös korkeammassa turvallisuusluokassa kuin järjestelmä mihin kyseinen laite kuuluu. Tämä voi olla hyväksyttävää esimerkiksi kahden järjestelmän rajapinnan laitteissa joissa liittyvän järjestelmän turvaluokitus on suurempi kuin liittyvän järjestelmän.

Järjestelmät sijoitetaan turvallisuusluokkiin sen mukaan, kuinka vakavan vaaran niiden vikaantuminen tai vaurio aiheuttaisi reaktorin sammutukseen tai jäähdytykseen. Turvallisuusluokkaan SC1 sijoitetaan järjestelmät, jotka vikaantuessaan uhkaisivat heti kyseisiä toimenpiteitä.

Turvallisuusluokkaan SC2 sijoitetaan järjestelmät, joiden jatkuva toiminta on välttämätöntä onnettomuustilanteissa reaktorin turvaamiseksi, joiden vikaantuminen estäisi laitoksen tuotannon tai reaktorin jäähdyttämisen ja joiden toimimattomuus aiheuttaisi merkittävän hallitsemattoman kriittisyyden vaaran.

Turvallisuusluokkaan SC3 sijoitetaan järjestelmät, jotka vaikuttavat merkittävästi reaktorin sammutukseen, kriittisyyden hallintaan, reaktorin jäähdytykseen, jälkilämmön poistoon, radioaktiivisten aineiden leviämisen estämiseen tai vakavien onnettomuuksien seurausten lieventämiseen.

Turvallisuusluokkaan SC4 sijoitetaan järjestelmät, joiden vikaantumisesta tai vaurioitumisesta alkaneesta alkutapahtumasta voi eskaloitua merkittävä onnettomuus tai sen riski.

Luokkaan EYT kuuluvat ne järjestelmät, laitteet ja rakenteet, jotka eivät tarvitse ydinturvallisuusluokitusta. Kyseiset osat voivat silti olla jonkun toisen, esimerkiksi seismisen luokituksen alaisia.

### 3 OLKILUOTO 3

Rakenteilla oleva Olkiluoto 3 -voimalaitos on uuden prototyypin painevesilaitos. Sen rakentaminen perustuu jatkuvasti kasvavaan teollisuuden sähköntarpeeseen. Sen reaktortyyppiä kutsutaan yleisesti EPR-tyyppiseksi, joka tulee sanoista European Pressurized Water Reactor. OL3 on Teollisuuden Voiman tilaama ja on kolmas Olkiluodon voimalaitoksista. Sen laitostoimittaja toimii Areva-Siemens konsortio. Laitoksen pohjatyöt aloitettiin vuonna 2004 ja rakennustyöt vuonna 2005 ja kirjoitus-

hetkellä arvioitu sähköntuotannon aloitusvuosi on 2014. OL3 toimitetaan avaimet käteen -periaatteella ja sen käyttöikäksi on arvioitu 60 vuotta. /31/

### 3.1 European Pressurized Water Reactor: EPR

EPR on kolmannen sukupolven painevesireaktori. Se on suunniteltu polttoainelaatusväliltään pitkäksi, noin 1,5–2 vuoden lataussyklillä ja käyttöiältään 60 vuoden ikäiseksi. Prototyyppiä ovat suunnitelleet Commissariat à l'Énergie Atomique Ranskassa ja Karlsruhen tutkimuskeskus Saksassa.

Valmistuttuaan EPR-tyypin painevesireaktori on toistaiseksi tehokkain ja suurin painevesireaktori maailmassa. Sen sähköntuotto tulee olemaan 1600 megawatin suuruusluokkaa /7/. EPR-tyypin reaktorilla on neljä prosenttiyksikköä parempi hyötysuhde kuin OL1- ja OL2-tyypin ydinvoimalaitosten alkuperäinen hyötysuhde, noin 37 % /31/.

### 3.2 Teollisuuden Voima Oyj (Laitostilaaja)

Teollisuuden Voima Oyj on vuonna 1969 perustettu energia-alaan erikoistunut yhtiö. Se keskittyy pääosin ydinvoimalaitoksiin. Yrityksen on perustanut 16 teollisuus- ja voimayhtiötä. Yhtiön perustamisen lähtökohtana oli perustaa yhtiö, joka tuottaa omistajilleen sähköä omakustannehinnalla. Yhtiö rakennutti Olkiluotoon Eurajoelle kaksi kiehutusvesireaktori-tyypin voimalaa vuosina 1974–1980. Nämä ydinvoimalaitokset (OL1 ja OL2) toimitti ruotsalainen Asea-Atom, nykyisin Westinghouse Electric Sweden AB.

Käytössä olevat voimalaitokset olivat valmistuessaan tehoiltaan 600 Megawatin voimaloita, mutta niitä on tekniikan kehittyessä vuosihuoltojen myötä uudistettu ja nykyään laitosten tehot ovat 885 MW OL1-voimalaitoksessa ja 860 MW OL2-voimalaitoksessa. Olkiluodon kolmannen ydinvoimalaitoksen rakennuttaminen aloitettiin vuonna 2005 ja vuonna 2010 Teollisuuden Voima sai periaatepäätöksen neljännen ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta Olkiluotoon. Vuonna 2007 TVO rekisteröityi julkiseksi osakeyhtiöksi ja samalla muutti virallisen nimensä Teollisuuden

Voima Oyj:ksi. Teollisuuden Voimalla on myös osaomistajuus Meri-Porin kivihiili-lauhdevoimalasta sekä 1 MW:n tuulivoimala Olkiluodossa.

### 3.3 Areva-Siemens konsortio (Laitostoimittaja)

Areva-Siemens on kahden yrityksen konsortio, joka on perustettu toimittamaan avaimet käteen -toteutuksella uuden EPR-prototyypin mukaisia painevesitekniikalla toimivia ydinvoimalaitoksia. Areva NP toimittaa reaktorin ja Siemens AG toimittaa turbiinilaitoksen.

Areva on ranskalainen monikansallinen energia-alan konserni, jonka erikoisosaamis-ta ovat ydinvoimalaitokset. Konserni koostuu kolmesta yhtiöstä: Areva NP toimittaa ydinreaktoreita, Areva NC on erikoistunut ydinpolttoaineeseen ja Areva T&D tuottaa sähkön siirtoon ja jakeluun liittyviä sovelluksia. Areva NP on vastuussa OL3-ydinvoimalaitoksen reaktorin ja sen rakennuksen rakentamisesta ja testaamisesta.

Siemens AG on saksalainen monialayritys, joka toimii pääosin tietotekniikan, auto-maation, energiatuotannon ja liikennetekniikan aloilla. Olkiluoto 3-voimalaitokseen Siemens AG toimittaa turbiinit ja generaattorin apujärjestelmineen ja -laitteineen.

## 4 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT OL3-VOIMALAITOKSESSA

Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksessa on noin kymmenkunta pääautomaatiojärjestelmää, jotka kukin hallitsevat tiettyä osaa prosessista, sen turvallisuudesta ja laitteista. Osa järjestelmistä on pelkästään valmiustilassa onnettomuuksien tai poikkeustilanteiden varalta. Jokainen järjestelmä kommunikoi useamman muun järjestelmän kanssa joko väylien kautta tai langoitettuna. Järjestelmien osat on myös jaettu rinnakkaisvarmen-nettuihin osiin riippuen ydinturvallisuusluokituksista, joka kyseiseltä järjestelmältä vaaditaan. OL3-voimalaitoksessa suurin osa järjestelmistä on rinnakkaisvarmennettu-ja, vaikka kaikkien järjestelmien ydinturvallisuusluokitus ei tätä vaatisikaan.

Normaalissa käyttötilanteessa turvallisuutta ylläpitävät ja vahtivat järjestelmät ovat valmiudessa, mutta suurin osa prosessin ohjauksesta on prosessinohjausjärjestelmien vastuulla. Tietty osa turva-automaatiosta tekee normaalitilanteenkin aikana tiettyjä prosessin ohjaus- ja valvontatoimenpiteitä. Nämä toimenpiteet ovat kuitenkin ydinturvaluokitukseltaan sellaisia, että ne vaativat näiden turvallisuusjärjestelmien osallisuutta, koska prosessiautomaatiojärjestelmän ydinturvallisuusluokitus ei riitä kattamaan näitä. /8/

Tässä työssä järjestelmät on jaettu kolmeen tasoon, jotka tunnetaan automaatiotekniikassa yleisesti automaatiotasoina. Ylimmällä, eli automaatiotasolla 2 olevat järjestelmät ovat tuotannon hallinnointiin liittyviä ja toimivat rajapintana ihmiskäyttäjien ja automaation välillä. Prosessilaitoksessa näitä järjestelmiä kutsutaan käyttöliittymiksi tai HMI:ksi (Human-Machine-Interface). Keskimmaisella, eli automaatiotasolla 1 olevat järjestelmät ovat järjestelmän ohjaukseen ja kontrollointiin liittyviä järjestelmiä. Näitä kutsutaan tässä työssä pääautomaatiojärjestelmiksi ja ne ovat tärkeimmässä asemassa prosessin hallinnan kannalta sekä normaalissa tuotantoajossa että poikkeavissa onnettomuus- tai vikatilanteissa. Alimmalla, eli automaatiotasolla 0 olevat järjestelmät toimivat rajapintana sähköisten-, mekaanisten- ja muiden toimilaitteiden sekä sensorien välillä. Nämä järjestelmät suorittavat signaalinkäsittelyn, äänestyksen (rinnakkaisvarmennettujen samaa toimintoa suorittavien tai mittaavien laitteiden signaalien keruu ja niiden yhtenäistäminen), signaalien koonnin ja edelleen ohjauksen.

#### 4.1 Käyttöliittymät – automaatiotaso 2

Käyttöliittymät välittävät kaiken informaation pääautomaatiojärjestelmien ja valvomohenkilökunnan välillä. Juuri käyttöliittymiin tulevat kaikki hälytykset ja varoitukset, niin prosessihälytykset kuin järjestelmähälytykset. Käyttöliittymät sijaitsevat automaation hierarkian ylimmällä, eli 2. tasolla.

OL3:ssa on kaksi erillistä käyttöliittymää, pääkäyttöliittymä ja turvallisuuskäyttöliittymä joka toimii varakäyttöliittymänä. Pääkäyttöliittymää käytetään kaikissa tilanteissa aina kun se on käytettävissä. Jos pääkäyttöliittymä syystä tai toisesta mene-

tään, niin kaikki tarvittavat ohjaukset ja tiedot ovat käytettävissä varakäyttöliittymässä.

Pääkäyttöliittymä on tietokonepohjainen järjestelmä nimeltään PICS (Process Information and Control System) ja se perustuu Teleperm XP -automaatiojärjestelmään. Toissijainen käyttöliittymä on konventionaaliseen tekniikkaan perustuva turvallisuuskäyttöliittymä nimeltään SICS (Safety Information and Control System).

Käyttöliittymät perustuvat erilaiseen tekniikkaan ja niiden painotusalue on erilainen; PICS-järjestelmää ohjataan ja seurataan tietokoneen näytöiltä kun taas SICS on perinteisemmällä tekniikalla toteutettu käyttöliittymä, jossa on analogisia indikaattoreita, merkkivaloja, kytkimiä, vipuja ja painonappeja. Lisäksi näihin järjestelmiin tulevat hälytykset eroavat toisistaan. PICS-järjestelmässä hälytykset ovat tarkemmin yksilöityjä, eli hälytyksestä näkee heti, mikä rinnakkaisvarmistetuista osajärjestelmistä on hälytyksen lähde kyseisessä järjestelmässä. SICS-järjestelmään hälytykset tulevat pääosin ryhmähälytyksinä divisioonakohtaisesti.

#### 4.1.1 Process Information and Control System: PICS

PICS on koko voimalaitoksen pääkäyttöliittymä. Sitä käytetään niin kauan pääkäyttöliittymänä kun kyseinen järjestelmä on toiminnallisena. Sitä käytetään päävalvomosta käsin ja päävalvomon menetyksen tapauksessa RSS-, eli etäsammutuspaikasta. Se on osa Teleperm XP -automaatiojärjestelmää. Järjestelmän tehtävänä on tuottaa prosessista tietoa sekä hallita prosessia kaikissa tilanteissa. PICS on riippuvainen tietokoneistetusta automaatiosta toimiakseen. /9/

Järjestelmää käytetään laitoksen pääkäyttöliittymänä aina kun se on käytettävissä. Jos PICS tai koko tietokoneistettu automaatio menetetään, siirretään laitoksen ohjaus ja valvonta SICS-varakäyttöliittymään. Laitosta voidaan pitää tuotannossa kahdesta neljään tuntia varakäyttöliittymässä. Jos pääkäyttöliittymää ei tämän ajan jälkeen ole saatu takaisin, käytetään varakäyttöliittymää laitoksen alasajoon.

#### 4.1.2 Safety Information and Control System: SICS

Turvallisuuskäyttöliittymä SICS on prosessin varakäyttöliittymä ja sitä käytetään jos pääkäyttöliittymä PICS ei ole käytettävissä. Tällaisia tilanteita ovat koko tietokonepohjaisen automaation menettäminen ja pääkäyttöliittymä PICS:n menettäminen. SICS sijaitsee PICS-järjestelmän tavoin päävalvomossa. Järjestelmällä annetaan manuaalisia käskyjä suojausautomaatiolle ja langoitetulle varajärjestelmälle, vaikka PICS -järjestelmä olisi toiminnassa. Tämä johtuu siitä, että tietoliikenne turvaluokan SC2 järjestelmästä turvaluokan SC4 PICS-järjestelmään on määritelty yhdensuuntaiseksi. Näin varmistutaan siitä, että järjestelmät on erotettu toisistaan eikä turvaluokan SC4 järjestelmä voi missään olosuhteissa häiritä turvaluokan SC2 järjestelmän toimintaa. /10/

Järjestelmän tavoitteena on saada ohjausjärjestelmät perustilaan ja ajaa prosessi hallitusti alas. Tästä johtuen ohjattavan ja seurattavan prosessin ala on pienempi kuin pääkäyttöliittymässä. Tarvitaan tiedot tärkeimmistä laitoksen järjestelmistä, erityisesti sellaisista jotka vaikuttavat erityisesti laitoksen turvallisuuteen. SICS-järjestelmän toiminnallisuus on tietyssä määrin riippuvainen tietokonepohjaisesta automaatiosta.

Jos SICS-järjestelmää käytetään automaation kaatumisesta johtuen, ei siinä ole käytettävissä kaikkea toiminallisuutta. Osa järjestelmän toiminnoista kuuluu kuitenkin kiinteästi langoitettuun varajärjestelmä HBS:ään. Näillä toiminnoilla laitos voidaan ajaa alas jos ohjelmoitava automaatio menetetään.

#### 4.2 Pääjärjestelmät – automaatiotaso 1

Pääautomaatiojärjestelmien tehtävänä on pitää laitos normaaliajossa, informoida valvomohenkilökuntaa ja antaa toimilaitteille komentoja toteuttaa prosessin mekaanisia toimintoja. Jos jokin mittausta tai prosessisuure poikkeaa liikaa asetusarvoista, automaatiojärjestelmä yrittää korjata tilanteen ennen kuin poikkeama pääsee kasvamaan. Jos kuitenkin poikkeava tilanne tai onnettomuus sattuu, on sitä varten omat automaatiojärjestelmänsä. Tällaisten järjestelmien tehtävänä on minimoida vahingot ja saattaa

tuotantolaitos turvalliseen tilaan käyttäen kaikkia mahdollisia käytössä olevia resursseja.

Pääautomaatiojärjestelmiksi määritellään automaation tasolla 1 olevat järjestelmät. Näitä ovat OL3-ydinvoimalaitoksessa Process Automation System (PAS), Safety Automation System (SAS), Hardwired Backup System (HBS), Reactor Control Surveillance and Limitation (RCSL), Protection System (PS), Turbine and Generator Information & Control (TGI), Severe Accident Information & Control (SA I&C) ja Emergency Diesel Generator Safety Information & Control (EDGSIC).

#### 4.2.1 Process Automation System: PAS

PAS-järjestelmä jakaantuu kahteen alijärjestelmään: PAS1 on reaktoripuolen prosessiautomaatiojärjestelmä ja PAS2 on turbiinipuolen prosessiautomaatiojärjestelmä. Alustana toimii Teleperm XP AS620B, joka perustuu Simatic S5 ohjelmoitavaan logiikkaan. PAS-järjestelmä monitoroi ja operoi tuotannon mekaanisia järjestelmiä kaikissa olosuhteissa, niin kauan kun PAS-automaatiojärjestelmä ja sen mekaaniset järjestelmät ovat toimintakuntoisia. Järjestelmä kuuluu ensimmäiseen puolustuslinjaan. Jos PAS-järjestelmä lakkaa olemasta toimintakuntoinen, korkeamman turvavuokan järjestelmät takaavat tehtaan turvallisuuden ylläpitämisen. /11/

Järjestelmä ohjaa mekaanisia järjestelmiä tai yksittäisiä komponentteja joko automaatti- tai manuaalikäyttönä ja informoi valvomohenkilökuntaa prosessin tilasta ja tapahtumista. Normaalin tuotantoajan aikana PAS valvoo ja ohjaa suurinta osaa prosessista.

#### 4.2.2 Safety Automation System: SAS

SAS-järjestelmä toimii kahdessa eri puolustuslinjassa ja sen tehtävät jakaantuvat niin normaaliajoon, kuin poikkeaviin tai onnettomuustilanteisiin. SAS-järjestelmä kuten PAS-järjestelmäkin on toteutettu Teleperm XP tekniikalla.



Normaalin tuotantoajan aikana SAS suorittaa sellaisia ei-turvallisuusluokitettuja tehtäviä, jotka ovat vahvasti liitoksissa turvallisuusluokan SC3 toimintoihin ja estää näin ollen yhden järjestelmän, tai sen osan ohjauksen ja valvonnan hajautumisen SAS- ja PAS -järjestelmien välille. Suorittaa myös tukitoimintoja, jotka liittyvät turvallisuusjärjestelmien tukemiseen, tai turvallisuuteen suoraan liittyvien tehdasolosuhteiden ohjaukseen tai valvontaan. /12/

Estävässä puolustuslinjassa SAS ohjaa ja valvoo toimintoja, jotka liittyvät reaktorin tai sen jäähdytysjärjestelmän prosessisuureisiin ja ovat turvallisuusluokitukseltaan SC3.

Pääpuolustuslinjassa SAS-järjestelmällä on monia tehtäviä, joiden tarkoituksena on rajoittaa perussuunnittelun ulkopuolisten onnettomuuksien aiheuttamia vahinkoja, joissa on kompleksisia sekvenssejä. Kompleksiset sekvenssit tarkoittavat sellaista tapahtumasarjaa, jossa alkutapahtumasta johtuu monta erilaista jatkotapahtumaa, joiden syy-yhteyttä voi olla vaikea hahmottaa. Vakaville perussuunnittelun ulkopuolisille onnettomuuksille on oma järjestelmänsä, SA I&C. Näissä vakavissa onnettomuuksissa SAS hoitaa lähinnä tukitoimintoja SA I&C -järjestelmää avustavana järjestelmänä.

#### 4.2.3 Hardwired Backup System: HBS

Sellaisen epätodennäköisen ja poikkeavan tilanteen sattuessa, jossa tuotantolaitos menettää kaiken tietokoneistetun automaationsa, on olemassa langoitettu varajärjestelmä, jonka tehtävänä on pitää riittävää ylläpitoa ja hallintaa prosessista. Tämän HBS-järjestelmän tavoitteena on saada reaktori ja sitä myöden koko prosessi alas ajettuun tilaan tällaisen tilanteen sattuessa. /13/

Järjestelmä on varautunut kahteen tapaukseen. Toinen on jo edellä mainittu kaiken tietokoneistetun automaation menettäminen ja toinen on suojausjärjestelmän (Protection System) menettäminen. Tätä järjestelmää voisi pitää osin kuulumattomana automaatiojärjestelmiin, koska siinä on suunnittelutavoitteista johtuen osia, jotka eivät sisällä lainkaan automaatiota. Järjestelmä sisältää kuitenkin niin sanottua "langoitet-

tua älyä" – eli portti- ja binääripiireillä toteutettua älyä, jonka avulla muiden automaatiojärjestelmien pettäessä saadaan ajettua prosessi alas.

Suurin osa järjestelmän toiminnoista aktivoituu automaattisesti ennalta määriteltyjen loogisten binääriehtojen täytyessä. Normaaliajon aikana järjestelmällä ei ole muita toimintoja kuin huolto- ja jaksolliset testaus -toiminnot. Kaikki järjestelmähälytykset, jotka HBS-järjestelmästä lähtevät, menevät suojausautomaatiojärjestelmä PS:n kautta ja siitä eteenpäin SAS-suoja-automaatiojärjestelmään ja käyttöliittymiin.

#### 4.2.4 Reactor Control Surveillance and Limitation System: RCSL

RCSL-järjestelmä on turvaluokan SC3, reaktorin ohjaukseen ja valvontaan liittyvien, turvallisuusluokaltaan SC3 tai SC4 olevien toimintojen toteutukseen omistettu järjestelmä. Se toimii ennaltaehkäisevässä puolustuslinjassa. Järjestelmä on suunniteltu tunnistamaan tuotantolaitoksen normaalitoiminnan vaarantavia rajaehdoja, reagoimaan niihin ja tarvittaessa antamaan hälytyksen. /14/

RCSL on suunniteltu saavuttamaan ja ylläpitämään tuotantolaitoksen optimitoimintakelpoisuus. Sen suorittaman toiminnot liittyvät säätöpiireihin ja automaattisiin rajoitus- ja hälytystoimenpiteisiin. Järjestelmä on toteutettu Teleperm XS -tekniikalla.

Säädettäviä, mitattavia ja rajoitettavia prosessisuureita ovat muun muassa neutronivuo, jäähdytysnesteen keskilämpötila, säätösauvojen paikannus ja oikaisu, jäähdytysjärjestelmän pinnakorkeus ja paine, sekä paineistajien jäähdyttimien poistopuolen lämpötila. Reaktorin ytimen lisäksi RCSL-järjestelmällä on vastuualueellaan turbiiniautomaatiojärjestelmään annettavat asetusarvot. Nämä asetusarvot määrittävät päähöyrypaineen minimi- ja maksimiarvon. /14/

#### 4.2.5 Protection System: PS

Protection System, eli suojausjärjestelmä toimii nimensä mukaisesti laitoksen ja varsinkin reaktorin turvallisuuden ylläpitämiseksi. Se kuuluu pääpuolustuslinjaan ja valvoo kaikkia turvaluokan SC2 toimintoja ja kuuluu myös itse tähän turvaluokkaan.

Järjestelmä toteuttaa automaattiset ja manuaaliset toiminnot, joilla saavutetaan hallittu järjestelmä onnettomuustilanteessa tai muussa poikkeavassa käyttötilanteessa, joka vastaa ennalta asetettuja ehtoja. Tätä hallittua järjestelmätilaa pystytään pitämään yllä niin kauan kuin on tarpeen. Järjestelmän toteutukseen käytetään Teleperm XS -tekniikkaa. /15/

PS sisältää kolmen eri turvallisuusluokan (SC2, SC3 ja SC4) osia tai toimintoja, jotka ovat toistensa suhteen itsenäisiä. Alemman turvaluokan järjestelmät tai laitteet eivät täten voi aiheuttaa vikaa korkeamman luokan laitteisiin tai järjestelmiin.

Poikkeustilanteissa PS-järjestelmä suorittaa muun muassa reaktorin pikasulun, suunniteltujen turvatoimien aktivoinnin ja varavoimadieselin käynnistämisen ja kuormien erotuksen. Sillä on myös normaaliajon aikana erilaisia tuki-, ylläpito- ja diagnostiikkatoimintoja.

#### 4.2.6 Turbine and Generator Information & Control: TGI

Turvaluokan SC4 järjestelmä, joka suorittaa turbiini-generaattorin hallintaan ja valvontaan liittyviä toimenpiteitä. Se sijaitsee estävässä puolustuslinjassa. Järjestelmä ohjaa ja valvoo myös suoraan turbiini-generaattoriin tai sen toimintoihin liittyviä apu- ja erillisjärjestelmiä. Järjestelmä on toteutettu Teleperm XP -tekniikalla. Turvallisuuksautomaation puoli on tarkemmin toteutettu Simatic S7F -tekniikalla.

Normaalin tuotantoajan aikana TGI ohjaa ja valvoo turbiinin ja generaattorin prosessiin liittyviä suureita ja välittää tietoa käyttöliittymille sekä muille automaatiojärjestelmille. Se myös estää laitteiden rikkoontumisen antamalla komponenttien turva-automaatiolle signaalinkäsittelyssä korkeimman prioriteetin. Järjestelmä on suunniteltu niin, että normaalitilanteessa valvomohenkilöstön väliintulo ei ole välttämätöntä. /16/

Poikkeavissa tilanteissa korkeamman turvaluokan järjestelmät, tai TGI-järjestelmä itse aktivoi turbiinin pikasulun.

#### 4.2.7 Severe Accident Information & Control

SA I&C on turvaluokan SC3 järjestelmä, joka on spesifioitu toimimaan vakavassa onnettomuustilanteessa. Se tuottaa koko prosessijärjestelmän kannalta tärkeitä ja merkittäviä tietoja sekä toimintoja onnettomuuden lieventämiseksi. Järjestelmä antaa valvomohenkilöstölle olennaista informaatiota, jonka avulla valvomo pystyy hallitsemaan, rajaamaan tai muuten lieventämään onnettomuudesta aiheutuvia tapahtumia. Normaalissa tuotantoajossa SA I&C suorittaa lähinnä signaalinkäsittelyä HMI-järjestelmiin ja jaksottaisia itse-diagnostiikkatestejä. Järjestelmä on toteutettu Teleperm XS -tekniikalla. /17/

Vakavan onnettomuuden hallitsemiseksi järjestelmä käyttää kaikkia käytettävissä olevia tuotantolaitoksen resursseja. Näihin kuuluvat muun muassa reaktorin jäähdytysjärjestelmän paineen alentaminen, mahdollisessa reaktoriytimen sulamistilanteessa reaktoriytimen sulamismassan ohjaus ja hallinta, kriittisyyden hallinta, vetypitoisuuden vähentäminen ja suojarakennuksen pitävyyden turvaaminen.

#### 4.2.8 Emergency Diesel Generator Information & Control: EDGSIC

Järjestelmän tehtävinä on hallita varavoimadieseliä kaikissa tehtaan käyttöolosuhteissa ja informoida muita järjestelmiä mittauksistaan ja tilastaan tarpeen mukaan. EDGSIC on turvaluokan SC2 järjestelmä. Se ei kuulu mihinkään puolustuslinjaan suoranaisesti, vaan on tarvittaessa jonkun puolustuslinjan toiminnon tai manuaalisen käskyn aktivoima.

Sen tehtävinä ovat varavoimadieselin käynnistystoiminnot, esilämmitys-toiminnot ja laitteiston turvaaminen. Järjestelmä on suunniteltu toimimaan myös sellaisissa tilanteissa, joissa tietokonepohjainen automaatio menetetään täysin. Kaikki signaalit järjestelmän sisälle ja sen ulkopuolelle on langoitettu. Normaalin tuotantoajon aikana EDGSIC suorittaa signaalinkäsittelyä ja informaation välitystä käyttöliittymiin. Se on myös normaalitilanteessa valmiustilassa ja välittää mittaustietojaan PAS-järjestelmään. /18/

Järjestelmän mittauksissa käytetään ei-tietokonepohjaisia Teleperm XS -tekniikan moduuleja, kuten esimerkiksi lämpötilamuunnin-, signaalin-monistin-, kynnysarvo-, logiikka-, binääriehto- ja nopeuden mittausmoduulit.

#### 4.3 Apu-, mittaus- ja toimilaittejärjestelmät – automaatiotaso 0

Alimman automaatiotason järjestelmät toimivat tasojen 1 ja 0 rajapinnassa. Ne välittävät tietoa prosessista edelleen sekä laitetasolle että automaatiotasolle. Ne siis toimivat välittäjäelimenä pääautomaatiojärjestelmien ja toimilaitteiden välillä. Tästä työstä on rajattu ulos kaikki ne järjestelmät, jotka eivät sisällä varsinaista automaatiota ja niistä ei näin ollen voi syntyä automaatiojärjestelmän hälytyksiä.

Apu-, mittaus- ja toimilaittejärjestelmät eivät kuulu suoranaisesti yhteenkään puolustuslinjaan. Johtuen läheisestä kytköksestä laitetasolle, ne ovat useimmiten korkeamman turvallisuusluokan järjestelmiä ja erittäin tärkeässä roolissa niin laitoksen normaalin tuotantoajan aikana kuin poikkeaman tai onnettomuuden sattuessa. Tällä tasolla suoritetaan toimilaitteiden ohjauskäskyjen priorisointi, jolla on suuri merkitys laitteiden ehjänä säilymiseen ja laitoksen turvallisuuden säilyttämiseen. Automaatiota sisältäviä apujärjestelmiä ovat Priority and Actuator Control System (PACS), Sensor Conditioning for Protection System and Severe Accident I&C (SCPSSA) ja Rod Positioning Measurement System (RPMS).

##### 4.3.1 Priority and Actuator Control System: PACS

PACS on toimilaitteiden ja pääautomaatiojärjestelmien välissä oleva järjestelmä, joka suorittaa priorisointiin ja suoritustoimintaan liittyviä ohjaus- ja valvontatoimintoja turvallisuusluokitetuille laitteille. Omalta turvallisuusluokituksestaan PACS-järjestelmä on SC2. Se suorittaa toimilaitteille tulevien, eri turvallisuusautomaatioon liittyvistä järjestelmistä (PS, RCSL, PAS, SAS ja SICS) lähtöisin olevien ohjaussignaalien priorisoinnin. Järjestelmä käyttää pääosin Teleperm XS -tekniikkaa, mutta jotkut kommunikointimoduulit toimivat Teleperm XP -tekniikalla. /19/

Normaalissa tuotantoajossa kaikki toiminnot ja moduulit ovat käytettävissä ja kommunikaatio tapahtuu pääosin Teleperm XP -alustan kautta. Poikkeavassa tilanteessa PAC-moduulit toimivat turva- tai suojausautomaatiolta saamiensa signaalien ja komentojen mukaan, jotta tuotantolaitos saadaan palautettua hallittuun tilaan.

#### 4.3.2 Sensor Conditioning for PS and SA&IC: SCPSSA

Sensorien ja automaatiojärjestelmien välissä oleva järjestelmä, joka käsittelee ja toimittaa sensoritietoja turvajärjestelmälle ja vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmälle. Se toimittaa myös sensoritietoja RCSL-, SAS- ja PAS-järjestelmille tarpeen mukaan. SCPSSA on turvaluokan SC2 järjestelmä ja kaikki siitä lähtevät yhteydet niin antureille kuin muihin järjestelmiin ovat langoitettuja. Järjestelmä on toteutettu kokonaisuudessaan Teleperm XS -tekniikalla. /20/

Järjestelmän tehtävinä ovat binääri- ja analogisignaalien käsittely ja toimitus ja erikoissignaalien käsittely ja toimitus. Normaalin tuotantoajan aikana se välittää prosessiin liittyvien sensorien tiedot niitä tarvitseville automaatiojärjestelmille ja suorittaa tarpeellisen sähköisen erotuksen niiden välillä. Poikkeavissa ja onnettomuustilanteissa se keskittyy turvallisuusjärjestelmän ja vakavan onnettomuuden hallintajärjestelmän informoimiseen prosessin ja sensorien tilasta.

#### 4.3.3 Rod Position Measurement System: RPMS

Tämä järjestelmä mittaa, laskee ja käsittelee säätösauvojen aseman ja ilmoittaa niiden minimi- ja maksimirajoihin menosta. Säätösauvat on jaettu 89 säätösauvanippuun, jotka vuorostaan on jaettu neljään eri divisioonaan. Säätösauvojen asematietoa käytetään eri turvallisuus- ja reaktorinohjausjärjestelmissä, kuten PS-, RCSL- ja PICS-järjestelmät. RPMS on turvaluokan SC2 järjestelmä ja sen tulee toimia niin normaalien tuotantoajan aikana kuin poikkeus- ja onnettomuustilanteissa. Järjestelmä on toteutettu osin langoitettuna ja osin Teleperm XS -tekniikalla. /21/

RPMS osallistuu reaktorin pikasulkuun ja säätösauvojen mittaukseen liittyviin turvallisuustoimintoihin. Sen operatiivisia toimintoja ovat ylläpito- ja huoltotoiminnot

(kuten jaksolliset testit ja virheiden paikannus sekä -seuranta) ja itse-diagnostiikka-toiminnot. Se on myös läheisesti kytköksissä RDTM-järjestelmään (Rod Drop Time Measurement), joka mittaa säätösauvojen pudotukseen kuluvaan aikaan. RCSL-järjestelmä laskee digitaalisen vertailuvastineen RPMS:n analogisille mittaustiedoille ja vertailee näitä arvoja poikkeamien varalta.

#### 4.4 Erillisjärjestelmät

Erillisjärjestelmät, eli "black-box" -järjestelmät ovat sellaisia järjestelmiä, joiden liitännät automaatiojärjestelmiin ovat rajalliset ja jotka eivät tarvitse muita automaatiojärjestelmiä käynnissä pysymiseen. Erillisjärjestelmiä ovat esimerkiksi osa ilmastointijärjestelmistä, jätevedenkäsittelyjärjestelmät, talousvesijärjestelmä, paloilmaisinjärjestelmä ja suolanpoistojärjestelmä.

OL3 jakaa vanhojen käytössä olevien OL1 ja OL2 ydinvoimalaitosyksiköiden kanssa osan näistä erillisjärjestelmistä, esimerkiksi paloilmaisin- ja suolanpoistojärjestelmä. Kuten kappaleessa 1 todettiin, on näistä erillisjärjestelmistä ja niiden hälytyksistä jo tehty aiemmin toisaalla opinnäytetyö ja ne on täten rajattu ulos tämän työn ulkopuolelle.

## 5 OL3 – AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ KÄYTETTÄVÄT TEKNIIKAT

Kaikki tässä työssä läpikäytävät automaatiojärjestelmät ovat toteutettu joko Teleperm XP tai Teleperm XS -tekniikalla. Teleperm XP on Siemensin kehittämä automaatiotekniikan kehitysalusta ja se käyttää Simatic-ohjelmointiympäristöä. Teleperm XS on Arevan kehittämä kehitysalusta ja siihen on integroitu teollisuus-Linux-pohjainen käyttöjärjestelmä. Osa korkeamman turvaluokan järjestelmistä on TXS-järjestelmän lisäksi langoitettu, eli ne ovat toteutettu binääri- ja porttilogiikalla käyttämättä tietokoneistettua automaatiota.

## 5.1 Teleperm XP

Teleperm XP, nykyiseltä nimeltään SPPA-T2000 (Siemens Power Plant Automation) on Siemensin valmistama automaatiojärjestelmän alusta, joka on suunniteltu ydinvoimalaitoksiin. Se pohjautuu Simatic S5 -tekniikkaan. Sitä käytetään ydinturvaluokkien EYT, SC4 ja SC3 järjestelmissä. OL3:n automaatiojärjestelmät PAS1 (Reaktorirakennus), PAS2 (Turbiinirakennus), TGI ja PICS on toteutettu TXP-tekniikalla.

Teleperm XP -alusta koostuu automaatiotasolla automaatioprosessoreista (AP), funktiomoduuleista (FUM), kommunikointimoduuleista (CM) ja etäyksiköistä (ET200M). Käyttöliittymätasolla järjestelmä koostuu operointiterminaleista (OT), prosessointiyksiköistä (PU), keskusyksiköistä (SU), diagnostiikkayksiköstä (DS670) ja ohjelmointiyksiköistä (ES) /9/. Kaikki edellä mainitut yksiköt, terminaalit, moduulit ja prosessorit ovat rinnakkaisia.

Automaatiotasolla toimivissa TXP-järjestelmissä automaatioprosessorit sisältävät kaiken muistin, älyn ja prosessointitehon, mitä kyseinen osajärjestelmä tarvitsee. Se keskustelee funktiomoduulien kanssa valokuidulla toteutetun kahdennetun Profibus-väylän kautta. Funktiomoduulit sisältävät kaikki osajärjestelmän tarvitsemat prosessiin liittyvät vaativat toiminnot, kuten esimerkiksi säätöpiirit ja signaalinkäsittely. Hajautettujen tulojen ja lähtöjen sekä priorisointi-toimilaitte -moduulien kanssa automaatioprosessori keskustelee myös kahdennetun valokuituväylän kautta. Ylemmän tason käyttöliittymille kommunikointi tapahtuu laitosväylän kautta.

PICS-järjestelmässä prosessointiyksiköt pitävät yllä prosessikuvaa, tallentavat kaikki muutokset, suorittavat hälytysten suodatuksen ja laskevat ennalta määrättyjä tehtäviä, esimerkiksi skaalauksia. Serveriyksiköt tallentavat kaiken merkittävän tiedon tietokantoihin, mukaan lukien hälytykset, lokit, käyrät, kaaviot ja valvomohenkilöstön antamat komennot. Operointiterminaleja käyttävät valvomohenkilökunta ja muut tahot, joiden on tarpeen seurata prosessia ja sen tilaa. Tällaisia tahoja ovat esimerkiksi automaation kunnossapito ja jakeluverkon edustajat. Operointiterminaalit pystyvät myös tallentamaan lyhytaikaisesti tarpeellista tietoa. Diagnostiikkayksikköä käyttää automaation kunnossapitohenkilöstö, jonka tehtävänä on seurata automaatiojärjes-



telmien laitteiston toimintaa ja tehdä tarvittavat vaihto- ja huoltotehtävät diagnostiikan perusteella. Ohjelmointiyksiköillä pystytään tekemään prosessiohjelmaan tarvittavia parametrien- ja ohjelmamoduulien muutoksia. /9/

Normaalin käytön aikana prosessin yleistä toimintaa ohjataan TXP-alustan prosessiautomaatiojärjestelmä PAS:lla ja reaktorin toimintaa ohjaa TXS-alustan reaktorin säätö-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä RCLS:llä. Lisäksi laitoksen käyttöön tarvitaan toimilaitetasolla priorisointi- ja toimilaitemoduuleja, jotka kuuluvat PACS-järjestelmään ja ovat myös TXS-alustalla toteutettuja. Näitä priorisointi- ja toimilaitemoduuleja ovat yhteisiä kaikille laitoksen automaatiojärjestelmille.

## 5.2 Teleperm XS

Teleperm XS on Areva NP:n turvallisuusautomaatioalusta ydinvoimalaitoksen turvallisuuskriittisten automaatiojärjestelmien toteutukseen. Se sisältää sekä tietokoneistettua että konventionaalista logiikka- ja binääripiiripohjaista tekniikkaa. TXS on erikoistunut muutamaa turvallisuuden päätehtäviin ydinvoimalaitoksessa. Näitä tehtäviä ovat reaktorin suojaus, -ohjaus ja -rajoitus, neutronivuon mittaaminen, ytimen valvonta, säätösauvojen asennon valvonta ja hätädiezelgeneraattorin ohjaaminen. Alustaa käytetään turvaluokkien SC2 ja SC3 järjestelmien toteuttamisessa. TXS-tekniikalla on toteutettu tässä työssä käsiteltävistä automaatiojärjestelmistä PS, PACS, SCPPSA, RPMS, SA I&C, EDGSIC, HBS ja RCSL.

TXS koostuu teollisuustietokoneista sekä signaalinkäsittely- ja toimilaitemittaus -yksiköistä. TXS toimii kaikissa kolmessa automaation tasossa, mutta pääasiallisesti toimilaitetasolla ja automaatiotasolla. TXS:n selkärangan muodostavat prosessointitietokoneet (SVE2). Lisäksi järjestelmät koostuvat digitaalisista ja analogisista tulo- ja lähtömoduuleista ja eri ydinvoimalaitoksen teknisiin mittauksiin erikoistuneista korteista, esimerkiksi signaalinkäsittely-, neutronivuon instrumentaatio-, eristys- ja signaalilogiikkamoduuleista /22/. Lisäksi TXS:n prosessointitietokoneissa ja sulauteuissa järjestelmissä on kussakin järjestelmään sopivat ohjelmistopakettit, jotka kattavat niin tuotantoajan kuin testauksen ja simulaation.

Eri TXS-järjestelmät ja laitteet kommunikoivat keskenään kahdella eri väyläratkaisulla ja tietysti langoitettuna. Profibus-standardiin perustuvalla TXS Profibus-väylällä, jota on sekä kaksijohtimisena, että optisena ratkaisuna, keskustelevat yksittäiset tietokoneet TXS-järjestelmän sisällä. Ethernet-standardiin perustuvalla TXS Ethernet-väylällä kommunikoidaan lähinnä ulkoisten rajapintojen ja tietokoneiden välillä. Kaikki liikenne sähkökaappien välillä on toteutettu valokuiduilla, koska tällä tavalla saadaan samalla kaappien välille toteutettua galvaaninen erotus. /22/

TXS-alustassa on samankaltainen suunnittelutyökalu kuin TXP-alustassa. Sen nimi on SPACE ja sillä voidaan paikantaa vikaantuneita rack-moduuleja ja komponentteja samantyyllisesti kuin TXP:n diagnostiikkayksiköllä. Lisäksi se sisältää ohjelmointityökalun ja graafisen käyttöliittymän.

## 6 AUTOMAATION HÄLYTYKSET

Nykypäivän prosessiteollisuudessa on hyvin tärkeää saada reaaliaikaista ja luotettavaa tietoa prosessista, sen laitteistosta ja sen järjestelmistä. Hälytykset ovat merkittävä osa tätä tietoa. Hälytysten tarkoitus on herättää tehtaan valvomohenkilöstön (ja tarvittaessa muiden asiaan kuuluvien tahojen) huomio sellaisen merkittävän prosessin, sen suureen, laitteiston tai järjestelmän muutoksen tapahtuessa, joka vaatii tilannearviota tai toimintaa /24/.

Yksinkertaisimmillaan hälytys on yksi koontihälytys mistä tahansa järjestelmän virheestä tai poikkeamasta joka voidaan ilmaista näytöllä, äänellä, indikointivalolla tai kaikilla edellä mainituilla tavoilla. Tämä ei toimi kuin korkeintaan hyvin yksinkertaisten koneikkojen ollessa kyseessä ja isoissa prosessitehtaissa kuten esimerkiksi ydinvoimalaitoksissa onkin hälytysten koontiin, hallintaan ja -antoon oma hälytyksenkäsittely-järjestelmänsä.

## 6.1 Automaation hälytyksistä yleisesti

Automaation hälytykset voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan. Prosessihälytykset liittyvät tehtaan tuotantoon, tuotannon vaiheisiin tai prosessin suureiden valvontaan ja ohjaukseen. Järjestelmähälytykset liittyvät prosessiin kuuluvien järjestelmien hardware-, kaappi-, signaali- tai I/O-diagnostiikkaan.

Hälytysjärjestelmä auttaa valvomohenkilöstöä ylläpitämään tehdasta turvallisessa toimintatilassa, tunnistamaan ja pyrkimään välttämään vaarallisia tilanteita, tunnistamaan poikkeamia halutuista toimintaolosuhteista ja paremmin ymmärtämään monimutkaisia prosesseja niitä tarpeen mukaan yksinkertaistamalla. /24/

Nykyään on yleistymässä myös älykäs hälytyksen käsittely, missä hälytyksen antojärjestelmä itse suodattaa, kategorisoi ja käsittelee saamiaan hälytyssignaaleja ennalta annettujen argumenttien mukaan välttäen näin kausaalisia hälytystulvia. /25/

### 6.1.1 Hyvän hälytyksen periaatteet

Hyvien ja huonojen hälytysten erot tulevat selvästi esiin, kun tarkastellaan niiden selkeyttä, ymmärrettävyyttä ja ohjeellisuutta. Älykkäänkin hälytysjärjestelmän hyödyt valuvat hukkaan, jos sen antamat hälytykset ovat sekavia, monimerkityksisiä tai epäloogisia. Teoksessa *Alarm Systems – A Guide to Design, Management and Procurement* (2007) kerrotaan ytimekkäästi hyvän hälytyksen määritelmä:

Hälytyksen tarkoituksena on saada valvomohenkilöstö reagoimaan tiettyyn yksittäiseen tehtaan toiminnan epäkohtaan. Sen pitää myös varoittaa, informoida ja neuvoa henkilöstöä. Jokaisen hälytyksen tulisi olla sekä hyödyllinen että merkityksellinen ja sillä tulisi olla tietty, ennalta määritelty vaste. Valvomolle tulisi antaa riittävästi aikaa vasteen toteuttamiseen. Hälytyksen antojärjestelmä ja muut siihen liittyvät järjestelmät tulisi myös olla suunniteltu ottamaan huomioon ihmisten rajoittuneisuus, esimerkiksi asiaan reagoinnissa ja sen prosessoinnissa.

### 6.1.2 Älykäs hälytyksenkäsittely

Nykypäivän automaatiojärjestelmissä, oli kyse sitten kappale- tai prosessiteollisuuden sovelluksesta käytetään useimmiten älykkäitä hälytysten käsittely- ja antojärjestelmiä. Näiden älykkäiden järjestelmien tehtävänä on koota ja pelkistää hälytyksiä, ennakoida kausaalisia hälytysjatkumia, estää hälytystulvia ja ajaa taustalla kattavia analyysejä hälytyslokien tietoihin perustuen /25/.

Älykkään hälytyksenantojärjestelmän edut havaitaan siinä vaiheessa, kun isossa ja monimutkaisessa järjestelmässä yksi kokonainen järjestelmä tai tärkeä sähkökaappi tippuu prosessista. Ilman älykästä hälytysten koontia ja suodatusta tästä seuraa useimmiten kymmenien ja pahimmillaan satojen hälytysten tulva, joka saattaa lamaannuttaa operaattorin tai vähimmillään ainakin merkitsevästi hidastaa ja kuormittaa operaattoria. Tällaisissa tapauksissa kaikki tästä yhdestä alkutapahtumasta johtuvat hälytykset ovat kausaalisia ja näin ne voidaan matemaattisilla algoritmeilla ennakoida ja suodattaa yhdeksi kootuksi ja informatiiviseksi ryhmähälytykseksi. Kriittisissä järjestelmissä, kuten ydinvoimalaitoksissa, ei voida kuitenkaan mennä liian pitkälle älykkäässä hälytyksenkäsittelyssä johtuen mahdollisista seuraamuksista, jos operaattori menettää tärkeää informaatiota prosessin ja järjestelmien tilasta liiallisen esikäsittelyn tai suodatuksen takia.

## 6.2 Automaation järjestelmähälytykset

Järjestelmähälytyksillä tarkoitetaan sellaisia hälytyksiä, jotka eivät ole prosessiperäisiä ja liittyvät kunkin automaatiojärjestelmän tekemään järjestelmän tarkkailuun ja diagnostiikkaan. Yleismaailmallisesti automaation järjestelmähälytykset voidaan jakaa kolmeen osaan, jotka kattavat kaikki edellä mainitut. Näitä ovat rautatason diagnostiikka, tulojen ja lähtöjen diagnostiikka sekä kaappidiagnostiikka.

Rautatason – eli hardware-diagnostiikkaan kuuluvat kaikki automaatiojärjestelmän laitteiden tekemät komponenttitarkastukset. Tulo- ja lähtö-diagnostiikka tarkkailee tulojen ja lähtöjen realisoitumista sekä automaatiojärjestelmästä lähtevien kommuni-

kaatioväylien tai kaapeleiden toimivuutta. Kaappidiagnostiikka tarkkailee kaapin sähkönsyöttöä ja kaapin oven tilaa.

### 6.2.1 Hardware-diagnostiikka

Hardware-diagnostiikkaan kuuluu kaikki automaatiojärjestelmän ohjaus-, mittaus- ja säätölaitteiston tekemät tarkastusrutiinit, jotka useimmiten on ohjelmoitu laitteiden sisään erilaisiin keskeytyksiin, joita laitteet tiettyinä ohjelmakierron aikana käyvät läpi ja päättävät vastearvoista ja -ajoista laitteiden toimivuutta ja tarvittaessa nostavat kyseessä olevan virhebitin päälle, jonka toinen keskeytys havaitsee ja välittää kyseisen virhesignaalin eteenpäin hälytyksen muodossa.

Kaikki kaapit ja laitteet, joissa on rinnakkaisia osia, tekevät myös rautatason diagnostiikkaa. Pääosin kaikissa tällaisissa laitteissa on yksi isäntätilassa oleva prosessointiyksikkö ja toinen vaihtovalmiustilassa oleva renkiyksikkö. Molemmat saavat saman tietomäärän ja käsittelevät asiat samoin, mutta poikkeaman sattuessa toinen yksiköistä menee virhetilaan ja tilanteessa jossa vikaantunut yksikkö oli isäntäyksikkö, vaihtaa kuumassa valmiustilassa oleva yksikkö tilansa isäntäyksiköksi.

### 6.2.2 I/O-diagnostiikka

Siinä missä HW-diagnostiikka pitää huolen esimerkiksi yhden kokonaisen tulo- tai lähtökortin toimivuudesta, I/O-diagnostiikka valvoo yksittäisiä lähtöjä ja tuloja. Sen tehtävänä ei ole niinkään puuttua tuloon kytketyn suureen arvosta tai lähtöön kytketyn toiminnon toimivuudesta, vaan keskittyä valvomaan lähdön kytkeytymistä ja tulo arvojen oikeaa mittakaavaa. Se myös vahtii mahdollisia johdinkatkoja.

Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan käyttää analogitulokorttiin tulevaa yksittäistä signaalia. Sähköisessä analogialiikenteessä tämä arvo suhteutetaan laskemalla välille 4–20 mA. Johtimen katkeaminen pudottaisi virran nolleen ja I/O-diagnostiikka havaitsee heti tilanteen. Ylivirtaa on hieman hankalampi diagnosoida jo pelkästään siitä syystä, että vaarana siinä on aina laitteen rikkoutuminen. Tämän takia ydinvoimalaitoksissa korkean turvaluokan järjestelmien signaalit on ylivirtasuojattu. Ylivir-

tasuojan laukeamiseen diagnostiikka reagoi samalla tavalla kuin johtimen katkeamiseen.

### 6.2.3 Kaappidiagnostiikka

Tulot ja lähdöt sijoittuvat tulokorttiin, joka sijaitsee kyseisen järjestelmän yhden divisioonan tietyssä kaapissa. Kaikkia näitä kaappeja vahtii kaappidiagnostiikka. Se valvoo kaapin oven avaamista, kaapin siirtymistä huoltotilaan, siihen kytkeytymistä testilaitteella ja kaapin sisäistä ja ulkoista virransyöttöä.

Vähäisimpänä, mutta silti tärkeänä valvontakohteena on kaappien ovien avaamisen havaitseminen. Tämä on tärkeää turvallisuuden kannalta ja voidaan havaita nopeasti luvaton kaapin avaaminen mahdollisen sabotaasin tai huolimattomuusvirheen estämiseksi. Jos huoltohenkilöstö on ilmoittanut valvomoon ottavansa tietyn kaapin huoltoon, pystyy valvomohenkilöstö nopeasti kuittaamaan hälytyksen pois. Lisäksi esimerkiksi kannettavan tietokoneen kytkeminen kaapin automaatiojärjestelmään aiheuttaa plug-in -hälytyksen ja kunnossapito saa paikallisesti kaapin siirrettyä huoltotilaan, josta myös seuraa hälytys.

Suurempina diagnostiikan kohteina on kaapin virransyöttö, jonka tippuminen voi pahimmillaan johtaa tietyn automaatiojärjestelmän yhden divisioonan pois putoamiseen. Tämän takia kriittiset kaapit ovat UPS-varmennettuja ja UPS:n latausasteen ja päälle kytkeytymisen seurantaan on omat hälytyksensä.

### 6.2.4 Väylädiagnostiikka

Automaatiojärjestelmät ja niiden kaapit kommunikoivat jatkuvasti keskenään sekä yksittäisen järjestelmän sisällä että eri järjestelmät keskenään. Väyläliikenteessä on omat protokollan mukaiset viestien oikeellisuuden tarkastamistavat OSI-mallin eri tasoilla. Väylä- ja lankayhteyksien toiminnallisuuden varmistamiseksi lähetetään useimmiten "elossa olo" -pulsseja tietyn ajanjakson välein, jotka kertovat yhteyden olevan kunnossa. Pulsseja suositellaan käytettäväksi kiinteän päällä olevan signaalin

sijaan mahdollisten indusointivirtavirheiden tai kiinnihitsautumisen mahdollisuuden takia.

### 6.3 Olkiluoto 3:n hälytysjärjestelmä

OL3-ydinvoimalaitoksessa on kaksi primääriä hälytyksenantojärjestelmää, yksi kussakin käyttöliittymässä. PICS-järjestelmässä, eli prosessin pääkäyttöliittymässä, hälytykset annetaan tietokonepohjaisesti ja varalla olevassa SICS-käyttöliittymässä hälytykset annetaan perustuen langoitettuun tekniikkaan, esimerkiksi reletekniikalla.

Pääkäyttöliittymän järjestelmästä löytyvät myös omat työasemat automaation kunnossapidolle. Diagnostiikkatyöasemasta pystytään seuraamaan automaatiojärjestelmien sähkökaappien ja niiden komponenttien toimintaa ja tarvittaessa lähettää kunnossapitohenkilö vaihtamaan tai huoltamaan kaappeja. Diagnostiikka-asemalle tulee hieman tarkempia hälytyksiä liittyen järjestelmien laitteistoon kuin pääkäyttöliittymään, johtuen sen käyttötarkoituksesta. Ohjelmointityöaseman kautta päästään tarkastelemaan ja tarvittaessa ohjelmoimaan prosessin ohjelmaa ja siihen liittyviä asioita, kuten säätöpiirejä ja kaikkea ohjelmoitavaan logiikkaan liittyvää.

Hälytykset on lajiteltu vakavuuden, seurauksien, alkuperän ja kohteen mukaan kymmeneen kirjaintunnuksella eroteltuun luokkaan. Kuusi ensimmäistä luokkaa (H, A, W, T, M ja O) ovat pääosin tarkoitettu valvomohenkilöstön tiedoksi niin prosessiin kuin järjestelmiin liittyvissä hälytysten annossa. Neljä seuraavaa luokkaa ovat TXP-järjestelmän sisäisiä, ennalta määriteltyjä hälytysluokkia (F, S, D ja I), joista D- ja I-luokan hälytykset näkyvät ainoastaan I&C-insinööriyöasemalla. /26/

H-luokan hälytykset ovat korkeimman prioriteettiluokan hälytyksiä ja kriittisimpiä voimalaitoksen toiminnan kannalta. Näissä hälytyksissä on aina tietty aikaikkuna, jonka aikana operaattorin tulee tehdä ennalta määritellyt toiminnot voimalaitoksen hallintaan saamiseksi. Tällaisia on esimerkiksi SICS-käyttöliittymässä oleva hälytys tietokoneistetun automaation menetykselle.

A-luokan hälytykset ovat merkittävälle vikatilanteille. Näitä vikatilanteita ovat kaikki sellaiset, joissa hälytys merkitsee järjestelmän tai osajärjestelmän sellaista vikaa, jolla voi olla merkitystä laitoksen sähköntuotantoon. Tähän kategoriaan kuuluvia järjestelmähälytyksiä ovat esimerkiksi väylän, yhden osajärjestelmän tai järjestelmien rajapinnan vikaantumista ilmaisevat hälytykset.

W-luokan hälytykset ovat varoituksia. Nämä hälytykset eivät välittömästi uhkaa laitoksen tuotantoa, mutta tilanteen pahentuessa voivat aiheuttaa korkeamman prioriteetin hälytyksen. Tästä alemman prioriteetin hälytyksiä ei näy enää SICS-paneeleissa, vaan kaikki tulevat pääkäyttöliittymä PICS:iin. Varoitusluokan hälytyksissä tulee olla paljon toiminta-aikaa korjaukseen, mutta ilman operaattorin tai kunnossapidon toimintaa, ongelma saattaa eskaloitua. Esimerkkinä W-luokan järjestelmähälytyksistä ovat esimerkiksi datapoikkeamasta johtuvat hälytykset ja sensorin lukittumisesta tai mittavirheestä johtuvat hälytykset. SICS-paneeleissa on vain muutamia, turvallisuuteen merkittävästi vaikuttavia W-luokan hälytyksiä.

T-luokan hälytykset eli toleranssit ovat vikoja tai virheitä muissa kuin turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä tai osajärjestelmissä jotka eivät suoranaisesti liity sähkön tuotantoon. Näillä hälytyksillä ei ole toiminnallista aikarajaa ja eskaloitumisvaara on mitätön. Automaatiojärjestelmien hälytyksiä tässä luokassa ovat esimerkiksi sähkökaapin oven valvonnan-, varavirransyötön valvonnan- ja CPU:n varmistuspatterin valvonnan hälytykset.

C-luokan hälytykset, joita myös kutsutaan kahvihälytyksiksi (coffee-alarm), ovat valvomohenkilöstön itse asettamia tapahtumia tai rajoja, joista he haluavat saada itselleen hälytyksen.

M-luokan hälytyksiä ovat kaikki ilmoitukset komponenteista, laitteista, kaapeista, järjestelmistä tai muista yksiköistä, jotka ovat itse-diagnostiikan perusteella, ajallisesti tai laskennallisesti huollon tarpeessa.

F-luokan hälytykset kertovat jonkun komponentin, mittauksen, moottorin tai muun vastaavan mahdollisesta vikaantumisesta. Vikaantumiset havaitaan joko diagnosti-



kalla tai takaisinkytkennän perusteella. Automaatiojärjestelmissä F-luokan hälytyksiä ovat yksittäisen kanavan vikaantuminen tai vika ulkoisessa järjestelmässä.

S-luokan hälytykset ovat ylemmän tason laitevika-tasoisia hälytyksiä, joka ilmoittaa sellaisesta laitevirheestä, joka aiheuttaa häiriöitä monissa toiminnoissa. Tällainen virhe voi olla esimerkiksi yhden divisioonan automaatioprosessorin vikaantuminen.

D-luokan hälytykset ovat laitevikoja ja ne näkyvät ainoastaan I&C-insinööriaseman hälytysnäytössä. Nämä ovat pääosin kaikki automaatiojärjestelmiin liittyvien komponenttien vikaantumisia. Näitä hälytyksiä ovat esimerkiksi yksittäinen automaatiojärjestelmävika, rinnakkaisuusvika väylässä tai komponentissa ja sensorin tai toimilaitteen vika. Nämä hälytykset aktivoituvat diagnostiikan perusteella.

I-luokan hälytykset ovat epäsuoria laitevikoja. Epäsuora laitevika tarkoittaa sellaista tilannetta, jossa jokin toiminnon, säädön tai muun vastaavan poikkeama tai tila antaa syyn olettaa toiminnon tai säädön takana olevan laitteen vikaantumisen, mutta suora diagnostiikka ei ole joko havainnut vikaantumista tai sitä ei kyseisessä kohteessa ole.

Tämän lisäksi TXS-alustalla toteutetuissa järjestelmissä on hälytyssignaalinannossa käsitteinä staattinen ja dynaaminen hälytys. Nämä eroavat toisistaan lähinnä perusteissa missä ja miten signaali muodostuu. Sekä staattiset että dynaamiset hälytykset lähtevät käyttöliittymiin, joskin ne näkyvät erillään vain PICS-pääkäyttöliittymän hälytyslistassa. Molempien käyttöliittymien hälytysikoneihin tulevat vain binäärisen OR-portin kautta tulevat koontihälytykset. Kumpi vain staattisesta tai dynaamisesta hälytyksestä laukaisee koontihälytyksen. Staattinen hälytys lähetetään jos hälytyksen määrittelevissä rinnakkaisissa sensori- tai muissa tiedoissa ei ole ristiriitaisuuksia. Ristiriitaisuuksien tapauksessa lähetetään dynaaminen hälytyssignaali.

#### 6.4 Järjestelmähälytykset Olkiluoto 3:ssa

OL3:n automaatiojärjestelmiltä tulee yhteensä noin tuhatkunta KKS-koodattua järjestelmäliitännäistä hälytystä /27/. Tämän lisäksi PICS-järjestelmässä oleva TXP-pohjainen I&C-insinöörin keskus käsittelee hälytyksiä, joilla ei ole signaalitason

KKS-koodausta. Nämä kaappitunnuksilla yksilöidyt järjestelmähälytykset ovat sellaisia, jotka menevät pelkästään TXP-järjestelmän I&C-insinööriyökaluun /28/ , josta automaation kunnossapito pystyy seuraamaan kaappien ja niiden komponenttien toimivuutta ja tarvittaessa lähettää kunnossapidon kentälle korjaamaan, huoltamaan tai vaihtamaan kaapin osia.

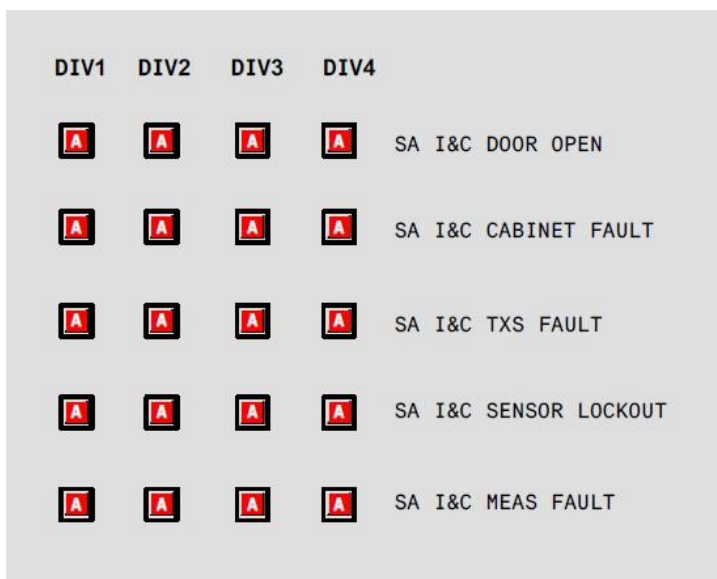
#### 6.4.1 PICS-hälytyksenanto

Pääkäyttöliittymässä on kaksi erillistä hälytyksenantotapaa. Kaikki saapuvat hälytykset näkyvät hälytysnäytössä, jota TXP-tekniikassa nimitetään Alarm Sequence Display – nimellä, lyhenteenä ASD. Tähän hälytysnäyttöön hälytykset tulevat oletusarvallisesti aikajärjestyksessä ja jo kuittaantuneet tai poistuneet hälytykset näkyvät eri väripohjalla kuin aktiiviset. Operaattori pystyy suodattamaan ja lajittelemaan hälytyslistaa haluamallaan tavalla. Hälytysnäytön lisäksi operatiivisissa näyttökuvissa on hälytystiiliä, jokaiselle hälytystyypille (luku 6.3) omansa. Näiden lisäksi näyttökuvien otsikkotaulussa on aina yleinen hälytyksen ilmaisin, Common Alarm Indicator, lyhyemmin CAI. Yleisen hälytyksen ilmaisin näyttää kaikki hälytystyypit, joita on kyseisellä ajanhetkellä aktiivisena.

Alarm Indication										1/2	Default	Stop
RO	TO	AO	xx	xx	xx	xx	H A W T F S M					
<b>H</b>	Tag 21char	Nomenclature 36char	Status 10char	Live 8char	T	Units 8char	Time 8char					
	FC 2char	Quality 10char	Location Ident. 15char	Date 8char								
Example for a "limit value of an analog signal" :												
<b>A</b>	2SP18C010 XH01	PW / H2 Delta T	(< 3.4)	3.25	CEL	14:07:32						
	AK				03/09/27							
<b>A</b>	2SP18C020 XH01	PW / H2 Delta T	< 1.8	1.26	F CEL	14:03:54						
	HF				03/09/27							
Example for a binary signal :												
<b>W</b>	HF LT 0044 XH54	LO TDS XFER TK	NOT AUTO			14:03:54						
	HF	HW error			03/09/27							
<b>H</b>	Tag 21char	Nomenclature 36char	Status 10char	Live 8char	Units 8char	Time 8char						
	FC 2char	Quality 10char	Location Ident. 15char	Date 8char								
8 alarms with 2 lines each lines for back to normal alarms : grey background (text for Status in brackets) lines for active alarms : "white"												
<b>H</b>	Tag 21char	Nomenclature 36char	Status 10char	Live 8char	Units 8char	Time 8char						
	FC 2char	Quality 10char	Location Ident. 15char	Date 8char								
space for information from alarm system for operator												
Line 1 of 4												

Kuva 5. Hälytyslistaus PICS-järjestelmässä. /26/

Hälytysnäytössä listaa täytetään ylhäältä alaspäin. Hälytykset erotellaan toisistaan erotusviivalla, joka näkyy kuvassa hälytyksien välissä. Jokaisesta hälytyksestä näytetään signaali, lyhennetty kuvaus, lisätieto hälytyksestä (jos esimerkiksi ylärajahälytys jollain analogisella arvolla, näytetään hälytyksen ylärajan arvo), mittayksikkö jos on, kellonaika ja päivämäärä. Hälytyksiä suodatetaan niin, että samasta hälytyksestä on näkyvissä vain uusin instanssi. Hälytykset on lajiteltu myös niin, että ensimmäisenä näkyvät kuitaamattomat hälytykset ja niiden perään jo kuitatut hälytykset.



**Kuva 6. Pääkäyttöliittymän näyttökuvan osa: SA I&C -hälytykset divisioonitain eriteltynä. /34/**

Kuvan näyttö kertoo vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmän SA I&C:n tilan joka divisioonassa. Kyseiset hälytystiilet ovat koontihälytyksiä, ja niistä ei näy yksittäistä sähkökaappia mistä hälytys tulee, vaan hälytykset on koottu per divisioona. Yksittäiset järjestelmähälytykset ovat harvoin prosessikriittisiä ja yksityiskohtaiset tiedot niistä menevät automaatioinsinööriyksikön hälytystauluun, jossa on yksityiskohtaisempaa tietoa järjestelmän tilasta ja hälytyksen aiheuttajasta.

**Alarm display for I&C engineer**    1/2    Default    Stop

RO TO AO xx xx xx xx    D I

D	Tag 21char	Nomenclature 36char	Status 10char	Time 8char
Examples :				
I	PAKEE 0003	SP n.met aft.init.on	(coming)	14:07:32
I	PAKEE 0002	SP not met aft. fault	coming	14:03:54
D	RC401	AP stat. conn. fault	coming	14:03:54

---

16 alarm lines

lines for back to normal alarms : grey background (text for Status in brackets)

lines for active alarms : "white"

D	Tag 21char	Nomenclature 36char	Status 10char	Time 8char
space for information from alarm system for operator				

Ack All    Ack    Line 1 of 4

**Kuva 7. Automaatioinsinööri-yksikön hälytyslista. /26/**

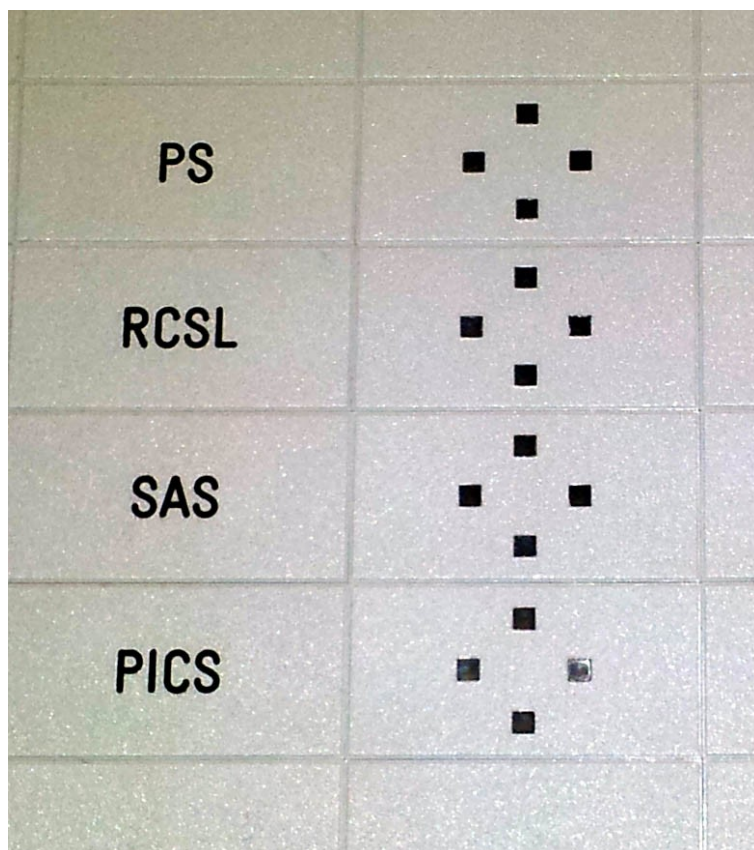
Automaatioinsinöörin yksikön hälytyslistaan tulee vain D- ja I-luokan hälytykset. Näistä hälytyksistä ei ole kokonaista signaalitason KKS-koodia, vaan hälytyksistä näkyy kaappi- tai komponenttitasolla viallisen tai häiriötilassa olevan komponentin tunnus ja TXP-järjestelmään sisäänrakennettu hälytyksen kuvaus. Sisäänrakennetuista hälytyksistä on kerrottu lisää luvussa 6.6.3.

#### 6.4.2 SICS-hälytyksenanto

Varakäyttöliittymään tulevia järjestelmäliitännäisiä hälytyksiä on hyvin vähän, johon yksinkertaisesti siitä syystä, että niiden hälytystaso on niin alhainen, että operaattorille ei ole niiden tiedoista varsinaista hyötyä poikkeuksellisissa tilanteissa. Muutaman ryhmän järjestelmähälytys kuitenkin on riittävän kriittinen päätyämään SICS-paneeliin.

Nämä ryhmähälytykset liittyvät kokonaisien sähkökaappien toiminnallisuuteen prosessin turvallisuuteen kriittisesti liittyvissä automaatiojärjestelmissä. Tällaisia järjes-

telmiä ovat esimerkiksi vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä SA I&C, suojausautomaatiojärjestelmä PS, reaktorin hallinta, valvonta ja rajoitusjärjestelmä RCSL ja langoitettu varajärjestelmä HBS. Yhdestä SICS-paneelistä pystyy järjestelmähälytyksien lisäksi seuraamaan automaatiojärjestelmien eri divisioonien toiminnallisuutta jatkuvasti pyörivällä led-pulssi -indikaattorilla.



**Kuva 8. SICS-paneelin I&C-järjestelmien toiminnallisuusindikaattorit.**

SICS-paneelit on jaoteltu siten, että yläosassa ovat kaikki indikaattorit, kuten esimerkiksi hälytystiilet ja mittaristot. Alaosassa on prosessivuokaavion mukaisesti sijoitetut ohjauslaitteet, kuten esimerkiksi painonapit ja potentiometrit. Jokainen yksittäinen paneeli hoitaa tietyn osan ydinvoimalaitoksen toiminnallisuudessa hätätapauksessa. Tästä johtuen suurin osa SICS-järjestelmään tulevista automaation järjestelmään liittyvistä hälytyksistä tulee yhteen ja samaan paneelin.

## 6.5 Prosessihälytykset Olkiluoto 3:ssa

Suurin osa käyttöliittymiin menevistä hälytyssignaaleista liittyy prosessisuureisiin ja prosessin valvontaan. Jokaista prosessisuuretta valvotaan, ja suurimmalle osalle on asetettu ylä- ja alarajat, joiden ylityksestä seuraa hälytys. Lisäksi yksittäisiä prosessin osia seurataan ja poikkeamista annetaan eri korkeusluokan hälytyksiä ja varoituksia. Suurin osa koko TXP- ja TXS-järjestelmien signaaleista ja hälytyksistä on prosessiin liittyviä.

Prosessihälytykset menevät jonkin automaatiojärjestelmän kautta käyttöliittymiin. Koska ne ovat peräisin laite- ja prosessitasolta, eivät ne kuulu tämän työn laajuuteen. Osa prosessihälytyksistä on harmaalla vyöhykkeellä, esimerkiksi säätösauvojen mitausjärjestelmään liittyviä hälytyksiä täytyi rajata osa ulkopuolelle, koska ne eivät täyttäneet tässä työssä järjestelmähälytyksistä annettuja määrittelyjä.

## 6.6 TXP- hälytykset

Teleperm XP-järjestelmissä hälytyksistä tulee KKS-signaalin lisäksi alustan sisäisiä hälytyksiä. Kaikki TXP-alustan sisäiset hälytykset tulevat PICS-järjestelmän alla olevaan I&C-insinöörin työasemaan, josta automaation kunnossapito voi niitä seurata ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin. Sisäisistä hälytyksistä S- ja D- luokan hälytykset päätyvät myös valvomohenkilöstölle. Sisäiset hälytykset ovat jokaisessa TXP-järjestelmässä samat ja niitä ei tarvitse erikseen määritellä. Ne kuitenkin riippuvat kyseiseen prosessiohjelmaan käännettyistä kirjastoista ja ohjelmointityökaluista, joita on kyseisessä järjestelmässä käytetty. Tämän lisäksi näistä virheistä menee TXP:n sisäinen hälytys hälytyslokeihin sekä I&C-työpisteelle (hälytysluokat M,F, S, D ja I). Tämä sisäinen hälytys antaa tarkempaa tietoa virheen mahdollisesta syystä ja paikasta.

### 6.6.1 TXP-järjestelmien hälytykset

Pääprosessiautomaatiojärjestelmä PAS:n kaappeja on useita ja tätä myöten myös järjestelmähälytyksiä tulee usealta eri kaapilta. Lisäksi PAS on jakautunut kahteen

osaan, turbiiniautomaatioon ja reaktoriautomaatioon. Näistä osista tulevat järjestelmähälytykset ovat kuitenkin samanlaisia.

Turvallisuusautomaatiojärjestelmä SAS:n opinnäytetyöhön liittyvät hälytykset noudattavat täysin samaa konseptia kuin pääautomaatiojärjestelmänkin.

Turbiinigeneraattori TGI:n valvontajärjestelmän järjestelmähälytykset ovat pitkälti PAS- ja SAS-järjestelmien antamien hälytyksien kaltaisia. Ainoastaan toiminnot ja seuraukset muuttuvat hieman.

*Julkisesta opinnäytetyön versiosta on salattu kaikki OL3-järjestelmiin liittyvät hälytyslistat.*

#### 6.6.2 TXP- järjestelmän sisäiset hälytykset

Teleperm XP -järjestelmät käyttävät Siemens AG:n kehittämää Simatic S5 -logiikkaohjelmointialustan toiminta- ja ohjauslohkodiagrammi -tyylistä ohjelman listaamista ja toteuttamista. Kaikki käytettävät lohkot löytyvät eri kirjastoista ja kirjastokokoelmista. Jokaisessa lohossa ja kirjastossa on omat TXP:n sisäiset hälytyksensä sisäänrakennettuna. Aina kun logiikkaohjelmassa käytetään tiettyä kirjastoa ja lohkoa, ohjelmointiohjelma integroi ja kääntää kaikki nämä hälytykset mukaan lopulliseen prosessiohjelmaan. Kaikki sisäiset hälytykset eivät ole lohkoikohtaisia. On olemassa hälytyksiä, jotka ovat integroituna sellaisessakin prosessiohjelmassa, jossa ei ole käytetty lainkaan lohkoja eikä ohjelmakirjastoja.

Siemens AG:n dokumentin "TXP Maintenance Manual v4.1" luku numero 3 listaa kaikki olemassa olevat sisäiset hälytykset eikä niitä tässä työssä listata kuin jokaisesta hälytystyyppistä yksi esimerkin vuoksi. Mainittu dokumentin lista pitää sisällään hälytystekstin, siihen liitoksissa olevan lohkon, hälytyskuvauksen, sekä hälytyksestä aiheutuvat toiminnot. Alle on koottu muutama esimerkki TXP-tekniikan sisäisistä hälytyksistä:

Hälytystyyppi:	Hälytysteksti:	Kuvaus:	Tehtävät toiminnot:
D	Scanning-time wrong	Suhde lukuaajan ja tietyn parametrin välillä on virheellinen	Tarkasta funktio ja korjaa parametrisointi
F	Drive fault	Moottorikäytön virhe. Joko moottori testitilassa, takaisin-kytkentävirhe tai kytkentävirhe	Tarkan syyn selvittämiseksi tarkasta hälytysnäyttö I&C-insinööriyöasemasta.
I	Both plant feedback	Molemmat tehtaan takaisinkytkennät ovat aktiivisia	"Sammutus" ja "Käynnistys" takaisinkytkennät ovat toisensa poissulkevia.
S (,D)	CP1413	Viallinen moduuli	Vaihda moduuli
M (,D)	Maintenance required	Komponentin, laitteen tmv. huoltoväli on ylittynyt	Suorita huolto ja kuittaa huolto moduuliin tehdyksi ja nollaa huoltolaskuri

**Lista 1. Esimerkki TXP-alustan sisäisistä hälytystyypeistä.**

## 6.7 TXS-hälytykset

KKS-konseptista on pidetty enemmän kiinni TXS-järjestelmien hälytyksien puolella kuin TXP-järjestelmien. Tämä on helpottanut näiden hälytyksien paikantamista ja tulkitsemista, varsinkin kun pääosasta näistä hälytyksistä ei ole ollut saatavilla kuin kokonainen KKS-signaali. Tästä on pitänyt tulkita, onko kyseessä järjestelmä- vai prosessiliitännäinen hälytys.

TXS-alustalla ei ole yhtä laajaa sisäistä hälytyksenantojärjestelmää, vaan suurin osa on paikallisella tasolla osajärjestelmän tai laitteen sisällä. Näistäkin hälytys annetaan pääosin vain indikaatiovaloilla ja muilla vastaavilla ilmaisimilla. TXS-järjestelmiä, joista tulee järjestelmäliitännäisiä hälytyksiä ovat EDGSIC, HBS, PACS, PS, RCSL, RPMS, SA I&C ja SCPSSA.



Järjestelmänkuvauksesta /18/ päätellen EDGSIC-hälytyksiä tulee PICS-järjestelmään vain kourallinen per divisioona. Toissijaiseen käyttöliittymään SICS:iin ei tule järjestelmään liittyviä hälytyksiä. Hälytyksiä tulee kaapinvalvontamoduulilta ja lisäksi ilmoitus hätävoimadieselin pikasulusta, jos sellainen tapahtuu.

Langoitettu varajärjestelmä HBS toimii tietokoneistetun automaation varajärjestelmänä. Se antaa operaattorille tietoa prosessin tilasta siinä tapauksessa, että kaikki – tai osa tietokoneistetusta automaatiosta menetetään. Sen lisäksi että järjestelmästä löytyvät tavalliset kaappidiagnostiikkaan liittyvät hälytykset, se hälyttää myös automaatiojärjestelmien sähköhuoneiden lämmön noususta, tietokoneistetun automaation menettämisestä ja yksittäisen automaatiojärjestelmän menettämisestä. HBS myös valvoo permissiivien aktivointia, aktivoinnin mahdollisuutta ja deaktivointia. Permissiivit ovat ydinvoimalaitoksen erilaisten toimintatilojen (esimerkiksi lämmin alasajo, kylmä alasajo, turbiinin pikasulku, reaktorin pikasulku ja normaalituotanto) siirtymäehtoja. Näiden siirtymäehtojen on täytyttävä ennen kuin kyseinen permissiivi voi aktivoidua. Permissiivit on kuitenkin jätetty tässä työssä skaalan ulkopuolelle johtuen siitä, että ne liittyvät enemmän prosessin tilaan kuin automaatiojärjestelmän toimintaan.

PACS-järjestelmä on jakautunut PAC-eli prioriteetti- ja toimilaitemoduuleihin kentällä. Kaikki PACS:n sähkökaapit ovat käytännössä turvajärjestelmä PS:n alaisuudessa, mutta ne ovat tässä työssä eroteltu erikseen. Hälytyksiä tulee pelkästään sähkökaappien diagnostiikkayksiköltä sekä SICS-järjestelmään että PICS-järjestelmään. SICS:iin tulee vain hälytys kokonaisen kaapin vikaantumisesta. Priorisointi on erittäin tärkeässä osassa ydinvoimalaitoksen toiminnan osalta varsinkin kaikissa poikkeustilanteissa, joissa tietyt matalan turvaluokan automaatiojärjestelmät saattavat olla osittain tai kokonaan kaatuneina ja silti lähettää vääriä tai lukkiutuneita signaaleja. Priorisointiyksiköiden tehtävänä onkin yksinkertaistettuna päästää korkean turvaluokan ja täten kriittisempien järjestelmien signaalit läpi ennen muita järjestelmiä käyttäen myös erilaisia signaalinkokoamisäänestyksiä signaalin luotettavuuden varmistamiseksi.

PS- eli suojausjärjestelmän kautta kulkevat kaikki SCPSSA-, HBS-, RPMS-, ja PACS-järjestelmien hälytykset, jotka välitetään PICS-pääkäyttöliittymään. Tämän

tehtävän suorittaa PS-järjestelmän MSI-rajapinta (Monitoring and Service Interface). MSI myös käsittelee hälytyksiä ja suorittaa esisuodatuksen. Tästä johtuen kaikki edellä mainittujen järjestelmien kaappihälytysten KKS-signaalit ovat PS-järjestelmän KKS:n alaisina. Tässä työssä kuitenkin kaikkien automaatiojärjestelmien antamat järjestelmähälytykset, joihin kaappihälytykset lukeutuvat, on kategorisoitu järjestelmäkohtaisesti. Suojausjärjestelmä on eniten edustettuna automaatiojärjestelmistä varakäyttöliittymä SICS:ssä, johtuen sen suuresta roolissa puolustuslinjassa ja ydinturvallisuudessa yleensä.

Suurin osa reaktorin ohjaus-, säätö- ja rajoitusjärjestelmän, eli RCSL:n hälytyksistä menee PS-järjestelmän kautta SAS-suojausautomaatioon ja siitä pääkäyttöliittymään. Järjestelmästä menee myös suoraan langoitettuna SICS-paneeliin muutama yleinen ryhmähälytys. Kaikki järjestelmäliitännäiset hälytykset lähtevät MSI-yksiköstä, joka on valvonta- ja huoltoyksikkö. RCSL-järjestelmästä lähtevät PACS-järjestelmän yksikköihin suuntautuvat jaksottaiset testisignaalit. Suurin osa tässä työssä käsiteltävistä hälytyksistä, niin kuin ylempinä käsitellyissä järjestelmissä, tulevat sähkökaapinvalvontayksiköltä. Myös RCSL-järjestelmästä löytyy muutamia järjestelmälle uniikkeja hälytyksiä.

Säätösauvojen hallintajärjestelmä RPMS välittää reaktorin ohjaus-, hallinta- ja rajoitusjärjestelmään tietoa säätösauvojen asennosta ja tilasta. Suurin osa sen hälytyksistä liittyy tästä johtuen säätösauvoihin, eikä niinkään automaatiojärjestelmän tilaan. Kuitenkin RPMS sisältää suuren määrän vianhallintaa ja itse-diagnostiikkaa. Tämän järjestelmän hälytykset ovat harmaata aluetta, koska ne voisi aivan yhtä hyvin sisällyttää prosessihälytyksiin.

Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmällä, eli SA I&C:llä on järjestelmähälytyksien osilta melko tavanomaiset TXS-alustan hälytykset, mutta muutama poikkeaa KKS-konseptista ja on näin ollen kuvattava erikseen. Järjestelmähälytyksiä SA I&C:stä tulee melko vähän johtuen sen toiminnallisesta painotuksesta. Järjestelmä on keskittynyt enemmänkin teoreettisesti mahdollisen vakavan onnettomuuden jälkivahinkojen torjuntaan, hallinnan palauttamiseen ja prosessin tilasta informoimiseen. Epätodennäköisen tilanteen sattuessa eivät matalan tason järjestelmähälytykset anna

mitään rakentavaa lisäinformaatiota operaattoreille onnettomuuden aikana tai välittömästi sen jälkeen.

SCPSSA vastaa signaalin esikäsittelystä ja sen lähettämisestä suojausautomaatiojärjestelmälle ja vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmälle. Kaikki SCPSSA:n järjestelmähälytykset annetaan PS-järjestelmän kautta käyttöliittymille. Kaikki CMU-yksikön, eli kaapinvalvontayksikön havaitsemat virheet kootaan divisioonittain ryhmähälytykseksi. SCPSSA:n pääpainopisteet ovat binäärisignaalien käsittely, binääritietoantureiden sekä analogiantureiden virransyöttö ja signaalinanto turvallisuusautomaatiojärjestelmille. Sillä ei ole uniikkeja järjestelmäliitännäisiä hälytyksiä, vaan sen antamat signaalit liittyvät prosessiin ja sen turvallisuuteen.

*Julkisesta opinnäytetyön versiosta on salattu kaikki OL3-järjestelmiin liittyvät hälytyslistat.*

## 7 PÄÄTELMÄT

Työssä käsiteltävää materiaalia oli merkittävästi ja ongelmia toi eri dokumenttirevisioiden yhteensovittaminen. Työtä tehdessä esimerkiksi OL3-valvomosimulaattori oli tehty revision RC1.2A:n mukaisesti, mutta osa tässä työssä käytettävistä dokumenteista oli jo tehty alustavasti tai täysin RC 2.0 -revision mukaisesti. Suurin osa työn alkuvaiheista meni uuteen järjestelmään tutustuessa. Työtä varten työstettiin paljon taustamateriaalia, mitä ei tässä varsinaisessa työssä suoranaisesti käytetty. Taustamateriaalin tarkoituksena oli sekä saada opinnäytetyön tekijä ajan tasalle automaatiojärjestelmien signaaleista että mahdollistaa tulevaisuudessa uusien revisioiden lisääminen ja päivitys tietokantaan ja taulukkojärjestelmään.

Ottaen huomioon projektin laajuuden on dokumentointi suhteellisen hyvällä tasolla, mutta varsinkin automaatiojärjestelmien järjestelmäkuvauksien dokumentit poikkesivat toisistaan hyvin paljon. Osa järjestelmäkuvauksista meni yksityiskohtaiselle laite- ja komponenttitasolle, kun taas toiset järjestelmät määriteltiin karkeasti yleistäen ja pelkistäen. Tämän työn tekeminen oli kuitenkin melko sujuvaa johtuen asiaan liitty-

vien dokumenttien määrästä ja niiden löytämisen helppoudesta. Joissain kiperimmissä asioissa apua tuli sekä TVO:n omalta automaatiotoimiston henkilöstöltä, sekä Areva NP:n että Siemens AG:n asiantuntijoilta.

Kaikissa järjestelmähälytyksien signaaleissa ei noudateta KKS-konseptin /29/ mukaisia ohjeita. Suurimmassa osassa näistä konseptista poikkeavista signaaleista se paremminkin johtuu konseptin määrittelytilan puutteesta kuin muista syistä. Signaalitasolla oli kuitenkin huomattavissa muusta kuin määrittelytilan puutteesta johtuvaa konseptista luistamista. Tämä voi johtua täysin loogisista perusteista, mutta työn ja ajankäytön rajaamisen takia näitä syitä ei ollut mahdollista selvittää. Konseptina KKS-koodaus vaatii paljon sisäistämistä ja sen purkaminen ulkomuistista vaatii paljon tietoa ja kokemusta. On kuitenkin luultavaa, että KKS:n edut tulevat esiin, kun kyseessä on ydinvoimalaitoksen kokoinen iso ja kompleksi järjestelmä, jossa yhden henkilön tai ryhmän työ- ja tietoa-alue on rajoitettu. Näin ollen KKS-koodista ei tarvitse tietää kuin omaan työtehtävään liittyvät asiat.

Automaation järjestelmähälytykset olivat selkeästi määriteltä /33/, mutta niihin liittyvät dokumentit poikkesivat tyyliissään ja laadussaan yhtä paljon kuin ylempänä mainitut automaation järjestelmänkuvaus-dokumentit. Kaapinvalvontayksikön hälytykset olivat samanlaiset järjestelmästä toiseen ja tässä riittikin yhdestä järjestelmästä löytynyt selkeä hälytysten kuvaus, jota pystyi mukauttamaan muihin saman alustan järjestelmiin. TXS-järjestelmissä oli kuitenkin paljon uniikkeja järjestelmäkohtaisia hälytyksiä, joista oli vaikea löytää enempää tietoa kuin signaalilistauksessa oli. Listaustaus kertoi vain hälytystyyppin, KKS-koodin ja lyhyen ja useimmiten myös kryptisen kuvauksen hälytyksestä.

Koska laitostoimittajalla on automaatiojärjestelmien testaus ja toimitus kesken, muutoksia tämän työn kuvaamiin hälytyksiin saattaa tulla. Projektin edetessä laitostoimittaja päivittää dokumentaatiota ja laatii yksityiskohtaisempaa aineistoa. Työn tarkoituksena onkin antaa katsaus järjestelmähälytysten laatuun, määrään ja tyyppiin. On toivottavaa että tulevaisuudessa järjestelmärevisioissa painotetaan hyvän hälytyksenannon konseptia /24/ ja huomioidaan, että automaation järjestelmähälytyksissä tiedotuksen pääpaino tulisi olla automaation kunnossapidon henkilöstöllä eikä valvomohenkilöstöllä. Valvomohenkilöstön tehtävänä on prosessin ylläpito turvallisesti ja luotettavasti.

ti ja suurin osa työssä käsitellyistä järjestelmähälytyksistä ei ole prosessin turvallisuuden kannalta merkittäviä. Poikkeuksia ovat ne järjestelmähälytykset, jotka indikoivat isompaa diagnosoitua vikaa järjestelmässä, kuten esimerkiksi kokonaisen järjestelmän, osajärjestelmän tai divisioonan kaatuminen.

## LÄHTEET

/1/ Mikael Norrvik. OL3 Erillisjärjestelmien käyttäjien ja hälytyksien kartoitus. Huh-  
tikuu 2011.

/2/ Ydinvoimalaitos-ohjeet 1.1. Ydinvoimalaitosten suunnittelussa käytettävät peri-  
aatteet. Säteilyturvakeskus. 12.1.1996. <http://www.stuk.fi>

/3/ USNRC Technical Training Center. Reactor Concept Manual, Boiling Water Re-  
actor Systems. Rev 0200.

/4/ USNRC Technical Training Center. Reactor Concept Manual, Pressurized Water  
Reactor Systems. Rev 0603.

/5/ Krüger K. Plant Breakdown Structure KKS (PP 2.1). 21.9.2004.  
NGPL/2003/en/0142, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/6/ Säteilyturvakeskus WWW-sivu. Viitattu 13.11.2011.

<http://www.stuk.fi>

/7/ TVO WWW-sivu. Viitattu 24.10.2011. <http://www.tvoy.fi>

/8/ Moeller B. Plant Level I&C Architecture. 31.12.2010. NLP-G/2008/en/1111,  
OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/9/ Ress W. Description of the I&C System PICS. 20.8.2009. DR 2.2.02, OL3 Kro-  
nodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/10/ Ress W. Description of the I&C System SICS. 19.6.2009. DR 2.2.19, OL3 Kro-  
nodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/11/ Bittner. Description of the I&C System PAS. 15.7.2009. DR 2.2.18, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/12/ Bittner. Description of the I&C System SAS. 21.3.2006. DR 2.2.17, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/13/ Klischies M. Hardwired Backup System System Description. 1.7.2011. NLE-F DC 24, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/14/ Wernecke B. RCSL System Description. 7.6.2011. NLLP-G/2006/en/1004, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/15/ Diemer S. Protection System System Description. 28.6.2011. NLE-F DC 22, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/16/ Küpper T. System Description I&C turbine/generator. 16.11.2010. FIN005-MDB-30CJJ-310464-TVO, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/17/ Poiret L. Severe Accident I&C System Description. 27.7.2011. NLE-F DC 23, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/18/ Kuetze Dzotchuop F. Emergency Diesel Generator Safety I&C System – System Description. 18.9.2009. NLP-G/2006/en/1115, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/19/ Metz L. Priority Actuator Control System System Description. 27.6.2011. NLE-F DC 21, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/20/ Krizan P. Sensor Conditioning for PS and SA I&C System Description. 13.7.2011. NLE-F DC 73, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/21/ Baltes W. RPMS System Description. 14.4.2011. NLLP-G/2006/en/1009, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/22/ Areva NP GmbH. Instrumentation and Control – Teleperm XS System Overview 2006. <http://www.areva.com>.

/23/ Pickelmann J. TXS-TXP Gateway Description. 22.4.2009. NLP-G/2009/en/1012, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/24/ Alarm Systems – A Guide to Design Management and Procurement 2nd Edition. 2011. EEMUA: EEMUA Publication 191. Viitattu 30.9.2011.  
<http://www.scribd.com/doc/39912592/EEMUA-Publication-191-Alarm-Systems-A-Guide-to-Design-Management-and-Procurement-Edition-2>

/25/ Bristol E.H 2001. Improved process control alarm operation. ISA Transactions 40, 191–205.

/26/ Arnoldt C. Alarm Annunciation System. 30.9.2008. DR 2.3.02, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/27/ Mälkiä M. Koottu Excel-taulukko järjestelmähälytyksistä, 2011.

/28/ Siemens AG. TXP Maintenance Manual V4.1 08/2004.

/29/ Haynl H. Concept for KKS-Coding within I&C. 10.12.2010. DR 2-2-01, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/30/ Bauer H. -D6- Gateway RO -YJRZ- Gateway PS RO. 7.4.2010. DD.4.D6.1, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/31/ Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3 -esite. Teollisuuden Voima Oyj.



/32/ Kuepper, Kerl M. Instrumentation and control cabinets for Steam Turbine Set \*CJJ\*. 11.7.2011. OL3-6-CJJ. OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/33/ PELL-G/2011/EN/1007 Requirement Specification for Alarm An-nunciation System, OL3 Kronodoc. Sisäinen elektroninen julkaisu.

/34/ Racher & Arnoldt. E0/2009-07-20/RS. Olkiluoto 3 NPP, PICS -järjestelmän näyttökuvakooste-PDF.

## TÄRKEIMMÄT TYÖSSÄ ILMENEVÄT KKS-KOODIT:

KKS:		KUVAUS:	
1	2	3	
C			Instrumentaatio- ja ohjauslaitteisto
	CJ		Laitoksen koordinaatiotaso
		CJJ	Automaatiokaapit turbiinaautomaatiolle
	CL		Turvallisuusautomaatiojärjestelmät
		CLE	Turvallisuusautomaatio, train 1
		CLF	Turvallisuusautomaatio, train 2
		CLG	Turvallisuusautomaatio, train 3
		CLH	Turvallisuusautomaatio, train 4
	CM		Reaktoritehoon liittyvät automaatiojärjestelmät
		CMA	Reaktorin ohjaus, säätö ja rajoitusjärjestelmä, train 1
		CMB	Reaktorin ohjaus, säätö ja rajoitusjärjestelmä, train 2
		CMC	Reaktorin ohjaus, säätö ja rajoitusjärjestelmä, train 3
		CMD	Reaktorin ohjaus, säätö ja rajoitusjärjestelmä, train 4
	CR		PAS – Prosessiautomaatiojärjestelmä
		CRA	Prosessiautomaatiojärjestelmä, train 1
		CRB	Prosessiautomaatiojärjestelmä, train 2
		CRC	Prosessiautomaatiojärjestelmä, train 3
		CRD	Prosessiautomaatiojärjestelmä, train 4
		CRR	Prosessiautomaatiojärjestelmä , terminaaliväylä
		CRS	Prosessiautomaatiojärjestelmä, tehdasväylä
		CRU	PICS – Prosessin instrumentaatio ja kontrollointijärjestelmä
	CS		Vakavien onnettomuuksien hallinnan sähkökaapit
		CSE	Vakavien onnettomuuksien hallinta, train 1
		CSF	Vakavien onnettomuuksien hallinta, train 2
		CSG	Vakavien onnettomuuksien hallinta, train 3
		CSH	Vakavien onnettomuuksien hallinta, train 4
	CX		Paikallisohtausjärjestelmät
		CXN	Hätädieseljärjestelmän sähkökaapit

D			Säätö- ja mittauslaitteisto
	DR		SAS – Turvallisuusautomaatiojärjestelmä
		DRA	Turvallisuusautomaatiojärjestelmä, train 1
		DRB	Turvallisuusautomaatiojärjestelmä, train 2
		DRC	Turvallisuusautomaatiojärjestelmä, train 3
		DRY	Turvallisuusautomaatiojärjestelmä, train 4
J			Reaktorijärjestelmä
	JD		Reaktorin ohjaus- ja alasajolaitteisto
		JDA	Säätösauvojen mekanismit
	JQ		HBS – Langoitettu varajärjestelmä
		JQE	Langoitettu varajärjestelmä, train 1
		JQF	Langoitettu varajärjestelmä, train 2
		JQG	Langoitettu varajärjestelmä, train 3
		JQH	Langoitettu varajärjestelmä, train 4
	JR		PS – Suojausjärjestelmä
		JRE	Suojausjärjestelmä, train 1
		JRF	Suojausjärjestelmä, train 2
		JRH	Suojausjärjestelmä, train 3
		JRG	Suojausjärjestelmä, train 4
		JRY	Informaationäytöt
	JS		RCSL – Reaktorin ohjaus-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä
		JSA	Reaktorin ohjaus-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä, train 1
		JSB	Reaktorin ohjaus-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä, train 2
		JSC	Reaktorin ohjaus-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä, train 3
		JSD	Reaktorin ohjaus-, valvonta- ja rajoitusjärjestelmä, train 4
	JZ		SA I&C – Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä
		JZE	Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä, train 1
		JZF	Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä, train 2
		JZG	Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä, train 3
		JZH	Vakavien onnettomuuksien hallintajärjestelmä, train 4